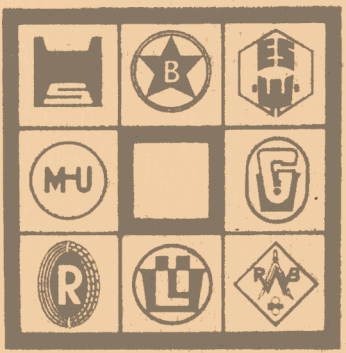
TV

Kaltarbeitsstähle



VEB QUALITÄTS- UND EDELSTAHL-KOMBINAT

260268

Dieser Prospekt wurde verantwortlich erarbeitet vom

VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat

Edelstahlwerk „8. Mai 1945", 821 Freital, Hüttenstr. 1

Ausgabe: 1971

VEB QUALITÄTS- UND EDELSTAHL-KOMBINAT

1. STAHL- UND WALZWERK „WILHELM FLORIN" HENNIGSDORF
2. STAHL- UND WALZWERK BRANDENBURG
3. EDELSTAHLWERK „8. MAI 1945" FREITAL
4. MAXHÜTTE UNTERWELLENBORN
5. STAHL- UND WALZWERK GRÖDITZ
6. DRAHT- UND SEILWERK ROTHENBURG
7. FERROLEGIERUNGSWERK LIPPENDORF
8. RATIONALISIERUNGSWERK BERLIN

Erläuterungen der Farbbilder:

Bild 1: Teilansicht des Werkes

Bild 2: Kammerglühöfen

Bild 3: Mikrosonde

Bild 4: Fernsehmikroskop

Bild 5: Steuerpult der Langschmiedemaschine

Bild 6: Direktanzeigendes Spektralanalysengerät

Bild 7: Neophot

Bild 8: Elektronenmikroskop

Vorwort

Der VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat – eines der größten Industriekombinate der Deutschen Demokratischen Republik — ist Produzent eines umfangreichen Sortimentes an Stahlmarken, Abmessungen und Ausführungen. Insbesondere legierte und hochlegierte Stähle als Ultrareine Stähle, Stähle für die Kaltumformung, höherfeste und korrosionsträge Stähle sowie Spannstähle gehören zum ständigen Programm. Die Ausführungen erstrecken sich auf Stab- und Formstahl, Schmiedestücke, Grobbleche, Blankstahl, Gußerzeugnisse u. a. m. Diese breite Palette an hochwertigen Stählen ist Ausdruck der Leistungen des Kombinates in Forschung, Entwicklung und Produktion.

Für viele Kunden im In- und Ausland ist Stahl aus den Werken des Kombinates schon lange ein Qualitätsbegriff. Durch die mit dem Zusammenschluß zum Kombinat erfolgte Konzentration der Forschungs- und Investitionstätigkeit sowie Spezialisierung der Produktion wurden weitere Möglichkeiten geschaffen, die Stahlproduktion auf Ihre Wünsche und Forderungen in Gegenwart und Perspektive einzurichten.

Unsere Arbeiter, Techniker, Ingenieure und Ökonomen sind ständig bemüht, ökonomisch günstige und qualitativ hochwertige Erzeugnisse entsprechend dem technisch-wissenschaftlichen Höchststand zu produzieren und Pionier- und Spitzenleistungen zu erbringen.

Mit dieser Prospektserie wollen wir Ihnen einen Überblick über unser Leistungsvermögen geben und Sie bei der Wahl des richtigen und zweckmäßigen, mit anderen Worten des ökonomischen Stahleinsatzes, unterstützen. Bei auftretenden Fragen stehen Ihnen außerdem erfahrene Ingenieure und Ökonomen der Kundendienste unserer Werke zur Verfügung.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	**Allgemeines**	5
2.	**Werkstoffauswahl**	7
2.1.	Mittlere Analyse	7
2.2.	Wirkung der Legierungselemente	7
2.3.	Einteilung der Kaltarbeitsstähle	10
2.4.	Anwendungsbeispiele	13
3.	**Stahleigenschaften**	19
3.1.	Verschleißwiderstand und Zähigkeit	19
3.2.	Härtbarkeit und Umwandlungsverhalten	23
3.2.1.	Härtbarkeit	23
3.2.2.	Umwandlungsverhalten	24
3.3.	Maßänderungsverhalten	43
3.4.	Härte- und Festigkeitswerte	48
4.	**Richtlinien für die Wärmebehandlung**	53
4.1.	Normalglühen	53
4.2.	Weichglühen	53
4.3.	Spannungsfreiglühen	53
4.4.	Härten	54
4.4.1.	Vorwärmen	54
4.4.2.	Halten auf Härtetemperatur	54
4.4.3.	Härtetemperatur	54
4.4.4.	Abkühlmedium	55
4.4.5.	Abarten der Abschreckhärtung	55
4.4.5.1.	Warmbadhärtung	55
4.4.5.2.	Gebrochene Härtung	56
4.5.	Anlassen	56
4.6.	Nitrieren	56
5.	**Bearbeitbarkeit**	57
5.1.	Warmformgebung	57
5.2.	Spanabhebende Bearbeitung	58
5.3.	Schleifen	58
6.	**Anwendungsbeispiele** (alphabetisch geordnet)	59
7.	**Nachspann**	87
7.1.	Literaturnachweis entfällt	87
7.2.	Exporteur und Lieferwerke	87
7.3.	Übersicht über das Herstellungsprogramm der Werke des VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat	87
7.4.	Wissenschaftlich-technisches Informationsmaterial	91
7.5.	Wissenschaftlich-technische Zentren der Schwarzmetallurgie für spezielle Beratungen	94

Kaltarbeitsstähle

1. Allgemeines

Werkzeugstähle können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten eingeteilt werden. Meist erfolgt die Klassifizierung nach Hauptverwendungsgebieten in Kaltarbeits-, Warmarbeits- und Schnellarbeitsstähle.

In diesem Prospekt werden ausschließlich legierte Kaltarbeitsstähle behandelt. Auskünfte über unser weiteres Werkzeugstahlprogramm geben die Prospekte „Warmarbeitsstähle", Schnellarbeitsstähle", „Stähle für Kunststofformen" und „Unlegierte Werkzeugstähle".

Der Begriff „Kaltarbeitstähle" vereinigt alle jene Stähle in sich, die zur Herstellung von Werkzeugen Verwendung finden, welche während ihres Einsatzes keiner nennenswerten Erwärmung unterliegen. Die auftretenden Temperaturen bleiben in der Regel unterhalb 200 °C, so daß die ursprüngliche Werkzeughärte nicht vermindert wird.

Die außerordentliche Vielzahl von Verfahren, mit denen Werkstoffe aller Art auf kaltem Wege spanend und spanlos geformt werden, führt zu einer entsprechenden Mannigfaltigkeit von Beanspruchungen der Kaltarbeitsstähle. Je nach Einsatzgebiet können Härtbarkeit, Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Widerstand gegen Druck oder Schlag, Formhaltigkeit, Schneidhaltigkeit sowie Maßbeständigkeit beim Härten im Vordergrund stehen. Meist sind es mehrere dieser Eigenschaften, die den Stahleinsatz bestimmen. So werden z. B. für Schnittstähle neben hoher Verschleißbeständigkeit bzw. Schneidhaltigkeit geringe Maßänderungen beim Härten verlangt. Für Prägestanzenstähle sind gute Härtbarkeit sowie Zähigkeit und Druckfestigkeit maßgebend. Die verschiedenartigsten Verwendungszwecke und Beanspruchungsfälle der Kaltarbeitsstähle haben zu einer Vielzahl von Legierungskombinationen geführt, so daß ein dementsprechend breites Angebot derartiger Stähle zur Verfügung steht.

Der Kohlenstoffgehalt von legierten Kaltarbeitsstählen variiert, je nachdem, ob Zähigkeit oder Verschleißwiderstand im Vordergrund stehen, zwischen 0,4 und 2,1 Prozent. Das Zulegieren von Elementen wie Chrom, Molybdän, Wolfram und Mangan führt zu erhöhter Schneidhaltigkeit, tieferer Einhärtung, erhöhter Anlaßbeständigkeit und besserem Verschleißwiderstand. Ein Einsatz von Nickel steigert die Zähigkeit. Diese Wirkung der Legierungszusätze wird insbesondere durch eine Verminderung der kritischen Abkühlgeschwindigkeit sowie durch Bildung von Sonderkarbiden herbeigeführt.

Eine rationelle Fertigung verlangt u. a. ökonomischen Werkzeugstahleinsatz. Dem wird in diesem Prospekt Rechnung getragen. Ausgehend von den unterschiedlichen Belastungsfällen werden die wichtigsten Stahleigenschaften und -Kenngrößen sowie deren Einflußfaktoren behandelt.

Es werden Ratschläge zur Technologie der Wärmebehandlung gegeben, wobei besonders auf die ZTU-Schaubilder für kontinuierliche Abkühlung hingewiesen wird. Sie sollen eine Hilfe bei der praktischen Wärmebehandlung sein.

Der Verbesserung der Werkzeugstahleigenschaften sind durch die herkömmlichen Schmelzverfahren gewisse Grenzen gesetzt. In speziellen Fällen empfiehlt sich deshalb der Einsatz Ultrareiner Stähle (UR-Stähle). Sie zeichnen sich gegenüber den normal erschmolzenen Stählen durch verringerten Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen und niedrigeren Seigerungsgrad aus. Das führt zu erhöhter Zähigkeit und verbesserter Polierbarkeit gegenüber Elektrostahl. Auf Wunsch werden alle im Prospekt aufgeführten legierten Kaltarbeitsstähle auch als Ultrareine Stähle geliefert. Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf unseren Prospekt „Ultrareiner Stahl".

Die Vielzahl von Legierungskombinationen macht es notwendig, nur solche Stähle ausführlich zu beschreiben, die in einem weiten Bereich mit Erfolg eingesetzt werden können.

2. Werkstoffauswahl

2.1. Mittlere Analyse

Tabelle 1 siehe Seite 8, 9.

2.2. Wirkung der Legierungselemente

Kaltarbeitsstähle sind üblicherweise mit den Elementen

Cr, W, Mo, V, Ni, Mn, Si

legiert. Einzeln oder gemeinsam sollen diese Elemente dazu beitragen, die für den Verwendungszweck charakteristischen Eigenschaften zu gewährleisten. Dabei ist zu beachten, daß ihre Wirkung in komplex legierten Stählen vielfach anders ist als in Stählen, die nur mit einem der genannten Elemente legiert sind. Vorrangige Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang — vor allem in höher kohlenstoffhaltigen Stählen — der Bildung von Sonderkarbiden zu. So ist z. B. bei den Elementen Cr, Mo, W, V bezüglich des Einflusses auf die Stahleigenschaften zu unterscheiden, ob sie gelöst oder im Karbid gebunden vorliegen. Grundsätzlich läßt sich der Legierungseffekt wie folgt zusammenfassen:

- Höhere Härtbarkeit
- Höhere Zähigkeit bei gleicher Härte
- Größere Anlaßbeständigkeit
- Größere Verschleißbeständigkeit bei gleicher Härte
- Geringerer Härteverzug.

Die Wirkung der Legierungselemente im einzelnen:

- Cr — Erhöht (gelöst) Härtbarkeit und Anlaßbeständigkeit und verbessert als stark karbidbildendes Element den Verschleißwiderstand wesentlich. Es erhöht die Neigung zur Restaustenitbildung.

- W — Übt auf die Härtbarkeit nur geringe Wirkung aus. Der Vorteil des Wolframs liegt in der Bildung von Sonderkarbiden, die infolge ihrer großen Härte die Verschleißfestigkeit stark positiv beeinflussen.

  Wolframstähle zeigen feines Korn und sind nicht überhitzungsempfindlich. Gegenüber unlegierten Stählen tritt bei erhöhtem Karbidgehalt leichte Zähigkeitsminderung ein.

- Mo — Erhöht (gelöst) die Härtbarkeit in starkem Maße. Es verbessert die Anlaßbeständigkeit und verringert die Überhitzungsempfindlichkeit. Als starker Karbidbildner wirkt es ähnlich wie Wolfram auf das Verschleißverhalten der Stähle.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung legierter Kaltarbeitsstähle (Mittelwerte)

Stahlmarke	Kennzahl	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Dichte
31 CrV 3	7410	0,31	0,30	0,50	0,60	—	—	0,10	—	7,85
40 NiCrMo 15	8720	0,40	0,25	0,40	1,25	0,20	3,75	—	—	7,85
X 40 Cr 13	4670	0,40	≦ 0,60	≦0,60	13,00	—	≦ 0,50	—	—	7,6
45 CrSiV 6	8230	0,45	1,35	0,60	1,35	—	—	0,10	—	7,85
45 WCrV 7	9360	0,45	0,90	0,30	1,05	—	—	0,18	1,85	8,0
50 NiCr 13	6800	0,50	0,30	0,50	1,05	—	3,25	—	—	7,85
60 WCrV 7	9386	0,60	0,60	0,30	1,05	—	—	0,18	1,85	8,0
67 SiCr 5	5450	0,67	1,30	0,50	0,50	—	—	—	—	7,85
75 NiCr 2	6510	0,75	0,25	0,40	0,25	—	0,55	—	—	7,85
80 CrV 3	7420	0,80	0,25	0,30	0,60	—	—	0,25	—	7,85
80 WCrV 8	9430	0,80	0,50	0,40	1,10	—	—	0,30	1,90	8,0
85 Cr 1	4200	0,85	0,40	0,60	0,38	—	—	—	—	7,85
85 WSiMo 5	8270	0,85	0,95	0,30	—	0,40	—	—	1,20	7,85
85 CrMo 7.2	7170	0,85	0,25	0,38	1,80	0,20	—	—	—	7,85
90 MnV 8	5970	0,90	0,25	1,90	—	—	—	0,10	—	7,85
90 SiCr 5	5470	0,90	1,40	0,48	1,10	—	—	—	—	7,85
X 90 CrMoV 18	9260	0,90	≦ 0,80	≦0,80	18,00	1,15	≦ 0,50	0,10	—	7,6
100 Cr 6	4560	1,00	0,25	0,30	1,48	—	—	—	—	7,85

Stahlmarke	Kennzahl	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Dichte
100 V 3	4910	1,00	0,25	0,30	—	—	—	0,30	—	7,85
105 WCr 6	7710	1,05	0,25	0,95	1,05	—	—	—	1,40	7,85
105 MnCr 4	6080	1,05	0,23	1,10	0,85	—	—	—	—	7,85
110 Cr 2	4230	1,10	0,23	0,33	0,55	—	—	—	—	7,85
110 WCrV 5	9340	1,10	0,23	0,35	1,20	—	—	0,18	1,30	7,85
110 MoV 5	7860	1,10	0,23	0,35	—	0,50	—	0,18	—	7,85
115 CrV 3	7430	1,15	0,23	0,30	0,65	—	—	0,10	—	7,85
115 W 8	4940	1,15	0,23	0,30	0,20	—	—	—	1,85	8,00
120 WV 4	7940	1,20	0,23	0,28	—	—	—	0,20	1,00	7,85
125 Cr 1	4210	1,25	0,23	0,33	0,28	—	—	—	—	7,85
125 CrSi 5	5480	1,25	1,15	0,70	1,20	—	—	—	—	7,85
X 125 WMo 6.5	9931	1,25	0,30	0,45	4,20	5,00	—	1,85	6,35	8,10
135 WV 4	9320	1,35	0,23	0,35	0,40	—	—	0,25	0,95	7,85
140 Cr 2	4250	1,40	0,28	0,30	0,50	—	—	—	—	7,85
142 WV 13	9450	1,42	0,25	0,30	0,35	—	—	0,25	3,25	8,00
145 CrV 6	7610	1,45	0,23	0,58	1,45	—	—	0,12	—	7,85
165 CrMoWV 46	9600	1,65	0,30	0,30	11,50	0,65	—	0,25	0,50	7,60
210 Cr 46	4630	2,10	0,30	0,30	11,50	—	—	—	—	7,60
210 CrW 46	7750	2,10	0,30	0,30	11,50	—	—	—	0,70	7,60

— Ni Wird vor allem zur Steigerung der Zähigkeit verwendet. Es verfeinert das Korn. Ni wirkt sich günstig auf den Widerstand gegen Schlagbeanspruchung und die Härtbarkeit aus.

— Mn Erhöht bereits in geringen Gehalten die Härtbarkeit. Manganstähle sind überhitzungsempfindlich. Sie werden deshalb mit Karbidbildnern legiert.

— V Wirkt in gelöstem Zustand positiv auf Härtbarkeit und Anlaßbeständigkeit. Vanadinkarbide verringern die Überhitzungsempfindlichkeit und verbessern den Verschleißwiderstand. Durch Zusatz weiterer Karbidbildner Mo, W, Cr wird die Wirkung des Vanadins gesteigert.

— Si Ähnlich wie Mn steigert es die Härtbarkeit wesentlich. Es wird ausschließlich in mehrfach legierten Stählen angewendet. Si erhöht die Anlaßbeständigkeit und trägt zur Verminderung des Verzugs beim Abschrecken bei. Die Verbesserung der Elastizitätseigenschaften führt zu erhöhter Standfestigkeit gegen federnde Dauerbeanspruchung.

2.3. Einteilung der Kaltarbeitsstähle

Der außerordentlich große Anwendungsbereich legierter Kaltarbeitsstähle läßt es sinnvoll erscheinen, lediglich eine Unterteilung in Hauptverwendungsgruppen vorzunehmen. Die Werkzeugbeanspruchung ist innerhalb dieser Gruppen ähnlich, was demzufolge auch auf die erforderlichen Stahleigenschaften zutrifft.

Nachfolgend werden die wichtigsten Stahlgruppen mit ihren charakteristischen Merkmalen beschrieben. Tabelle 2 gibt ergänzend dazu die Einordnung der Stahlmarken in ihre Hauptverwendungsbereiche wieder.

Dauerschlagstähle

Werkzeuge, die einer ständigen schlagenden Belastung ausgesetzt sind, stellen erhöhte Anforderungen an die Werkstoffzähigkeit bei ausreichender Druck- und Verschleißfestigkeit. Die gegensätzliche Wirkung von Härte und Zähigkeit verlangt eine entsprechende Abstimmung des Kohlenstoff- und Legierungsgehaltes. Da der Zähigkeit hierbei vorrangige Bedeutung zukommt, wird der Kohlenstoffanteil relativ niedrig gehalten, was andererseits zu entsprechend niedrigerer Härte führt.

Der erhöhte Siliziumgehalt fördert die elastischen Eigenschaften des Werkzeuges. Wolframlegierte Stähle besitzen bessere Schneidhaltigkeit. Sie werden deshalb vielfach als Scherenmesser und Stanzwerkzeuge eingesetzt. Bewährt haben sie sich beim Schneiden von Blechen über 4 mm Dicke, wo die Zähigkeit der hoch chromhaltigen Schnittstähle nicht ausreicht.

Stähle für Prägewerkzeuge

Charakteristisch für Stähle dieser Gruppe ist ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen Druck- und Schlagbeanspruchung. Die Werkzeuge sind teilweise Drücken bis 280 kp/mm² ausgesetzt. Das erfordert Durchhärtung, die durch den Nickel- und Chromgehalt gewährleistet wird. Gleichzeitig führt Nickel zur Steigerung der Zähigkeit, die neben der Verschleiß- und Druckfestigkeit für Prägewerkzeuge besonders bedeutsam ist. Oft werden derartige Werkzeuge durch Kalteinsenken hergestellt, so daß im weichgeglühten Zustand ausreichende Einsenkbarkeit erforderlich ist.

Stähle für schneidende Werkzeuge

Stähle für Schneidwerkzeuge sollen gute Schneidfähigkeit und ausreichende Schneidhaltigkeit aufweisen. Je nach Art des zerspanbaren Werkstoffes tritt die Zähigkeit oder Verschleißbeanspruchung in den Vordergrund. Bei erhöhtem Temperatureinfluß (bis etwa 300 °C) ist auf ausreichende Anlaßbeständigkeit zu achten. Da dem Verschleißverhalten besondere Bedeutung zukommt, werden vorwiegend übereutektoide Stähle verwendet, die eine hohe Härte garantieren. Zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes sind sie mit Karbidbildnern Wolfram, Chrom und Vanadin legiert. Für Werkzeuge mit geringen Schnittemperaturen ist auch der Einsatz niedrig legierter Stähle möglich.

Stähle für Ziehwerkzeuge

Beim Ziehen von Metallen treten an den Arbeitsflächen des Werkzeuges hohe Drücke und eine starke Verschleißwirkung auf. Demnach steht die Forderung nach höchster Härte im Vordergrund. Wolfram-Vanadin-legierte Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt kommen dieser Forderung entgegen, wobei in vielen Fällen auf Grund ihrer ausgezeichneten Verschleißbeständigkeit und wegen des geringen Verzuges auch auf ledeburitische Kaltarbeitsstähle zurückgegriffen wird.

Stähle für Schnitt- und Stanzwerkzeuge

Schnittwerkzeuge sind, je nach Art und Dicke des zu trennenden Materials, mehr oder minder hoher Verschleißwirkung ausgesetzt. In Abstimmung damit muß auch die Zähigkeit ein gewisses Maß erreichen, um Schneidkantenausbröckelungen oder Brüche zu vermeiden. Weiterhin sind gute Maßbeständigkeit beim Härten sowie hohe elastische Belastbarkeit erforderlich.

Entsprechend den jeweiligen Beanspruchungen kommen niedrig- und mittellegierte sowie hochlegierte Stähle zum Einsatz. Letztere besitzen auf Grund ihres beträchtlichen Anteiles an Karbidbildnern ein wesentlich besseres Verschleißverhalten, verfügen aber andererseits über eine geringe Zähigkeit. Durch Abstimmung von Kohlenstoff- und Legierungsgehalt können jedoch auch die Zähigkeitseigenschaften dieser Stähle verbessert werden, ohne daß die Verschleißfestigkeit wesentlich absinkt.

Stähle für Preß- und Fließpreßwerkzeuge

Preßwerkzeuge sind vornehmlich druck-, z. T. auch schlagbeansprucht. Zähigkeit und Verschleißfestigkeit werden durch das Arbeitsverfahren bestimmt. Demnach erstreckt sich die Zahl der in Frage kommenden Stähle über einen weiten Legierungsbereich.

Tabelle 2: Einteilung der legierten Kaltarbeitsstähle

Stahlgruppe	Dauerschlagstähle	Stähle für Prägewerkzeuge	Stähle für Schneidwerkzeuge	Stähle für Schnitt- und Stanzwerkzeuge	Stähle für Preß- und Fließpreßwerkzeuge	Stähle für Ziehwerkzeuge
Stahlmarke						
31 CrV 3						
40 NiCrMo 15		×				
X 40 Cr 13			×			
45 CrSiV 6	×					
45 WCrV 7	×					
50 NiCr 13		×			×	
60 WCrV 7	×	×				
67 SiCr 5	×					
75 NiCr 2		×				
80 CrV 3			×			
80 WCrV 8			×			
85 Cr 1			×			
85 WSiMo 5						
85 CrMo 7.2		×				
90 MnV 8				×		
90 SiCr 5			×			
X 90 CrMoV 18			×	×		
100 Cr 6					×	
100 V 3	×					
105 WCr 6			×	×		
105 MnCr 4			×	×		
110 Cr 2		×				
110 WCrV 5			×			
110 MoV 5			×			
115 CrV 3			×			
115 W 8			×			
120 WV 4			×			
125 Cr 1			×			
125 CrSi 5			×	×		
X 125 WMo 6.5		×		×	×	×
135 WV 4			×			
140 Cr 2						×
142 WV 13						×
145 CrV 6			×			
165 CrMoWV 46		×		×	×	
210 Cr 46				×	×	×
210 CrW 46				×	×	

2.4. Anwendungsbeispiele

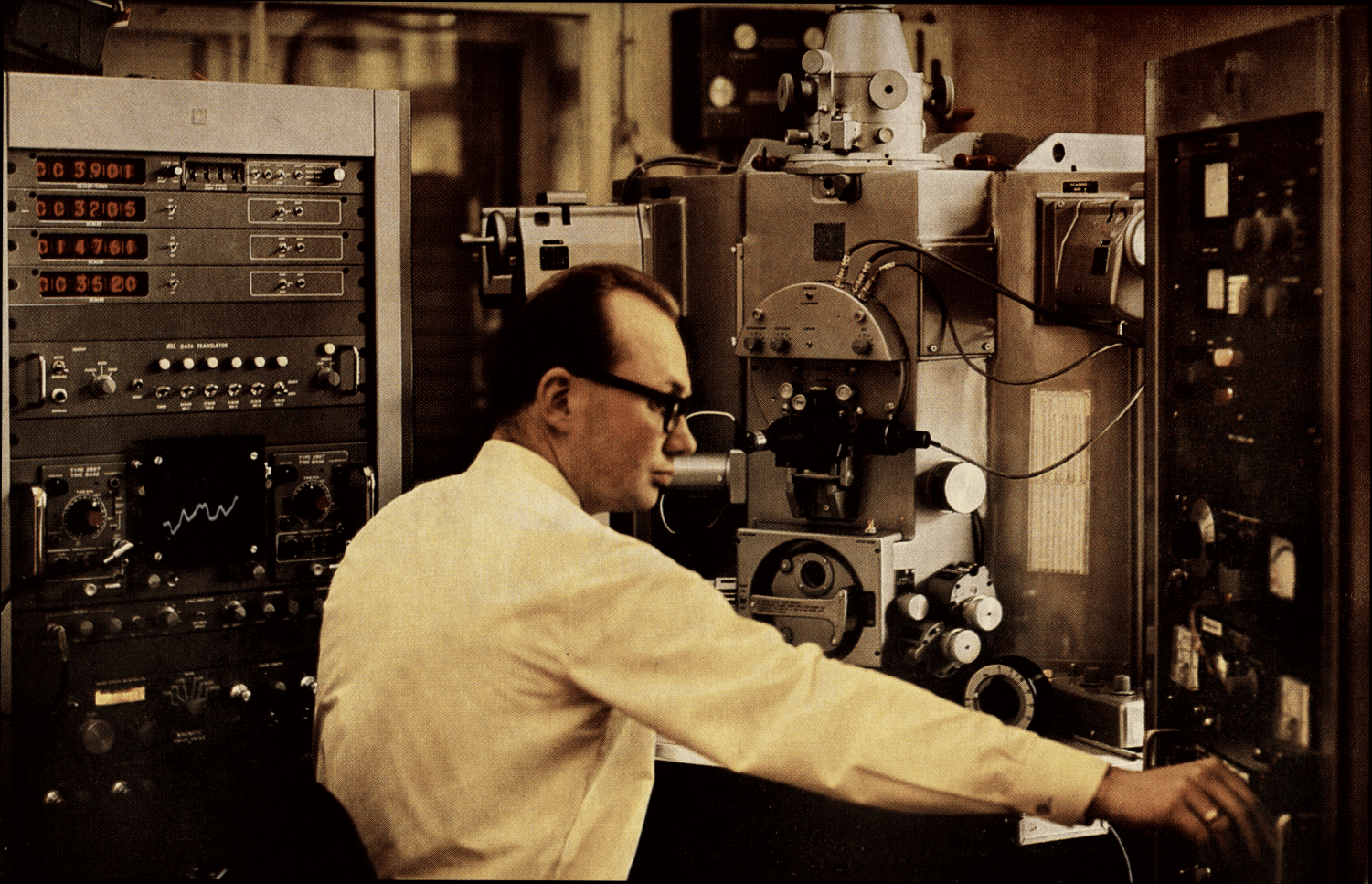
Die nachfolgenden Empfehlungen sollen eine Übersicht über Einsatzmöglichkeiten gebräuchlicher Kaltarbeitsstähle mit vielfachem Verwendungszweck geben. Eine Übertragung der nachstehenden Hinweise ist unter Beachtung der in den Abschnitten 3.1. bis 3.4. enthaltenen Angaben sinnvoll.

40 NiCrMo 15	Für hochbeanspruchte Besteckstanzen, Prägematrizen und Prägestempel, Einsenkpfaffen, Meßbügel in Kraftmeßdosen, Biegewerkzeuge, Scherenmesser höchster Zähigkeitsbeanspruchung. Besitzt sehr hohe Zähigkeit und Druckfestigkeit sowie Widerstandsfähigkeit gegen schlagartige Belastungen. Härtet auch bei sehr großen Abmessungen durch.
X 40 Cr 13	Rostbeständiger Stahl für Schneidwerkzeuge und auf Verschleiß beanspruchte Teile guter Leistung, wie Messerklingen, Wälzlager u. a.
45 CrSiV 6	Für Dauerschlagwerkzeuge, wie Döpper, Meißel, Stemmer, Kaltscherenmesser, Kaltlochstempel, Lochdorne, Holzbearbeitungswerkzeuge aller Art. Auch für Beanspruchungen bei erhöhten Temperaturen geeignet. Zähharter Stahl mit guter Druck- und Verschleißbeständigkeit.
45 WCrV 7	Für hochbeanspruchte Preßluftwerkzeuge, wie Meißel, Döpper, Stemmer, Lochmatrizen und Stempel, Kalt- und Warmschrotmeißel, Biegestangen, Holzhackemesser, Kaltscherenmesser für große und schwere Profile mit starker Quetschbeanspruchung. Ölhärtender Stahl guter Zähigkeit und Dauerfestigkeit sowie Druck- und Verschleißfestigkeit. Auch für Beanspruchungen bei höheren Temperaturen geeignet.
50 NiCr 13	Für Kaltmatrizen aller Art bei hoher Druckbeanspruchung, für Massivprägewerkzeuge mit komplizierten Gravuren, Besteckstanzen, Pfaffen, Preßköpfe, Medaillenstempel, Bijouteriegesenke, Druckmeßbügel, Kunstharzpreßformen, Kopfstempel zum Kaltpressen von Schrauben und Nieten. Ölhärtender Stahl mit sehr hoher Zähigkeit und Druckfestigkeit.

	Durchhärtung auch bei sehr großen Querschnitten. Sehr widerstandsfähig gegen Druck- und Schlagbeanspruchung.
60 WCrV 7	Für Kaltscherenmesser, Kaltlochstempel, Schnittstempel für dickeres Metall, Leichtmetallschnitte, Lochstempel für dickere Profile, Lochmatrizen, Prägewerkzeuge, Fließpreßwerkzeuge, Kopfstempel für Schrauben- und Nietenerzeugung, Holzbearbeitungswerkzeuge. Ölhärtender, zähharter Stahl mit großer Druck- und Verschleißfestigkeit. Sehr gute Eignung für Dauerbeanspruchung.
67 SiCr 5	Für Scherenmesser, Maschinenmesser, Schrott- und Knüppelscherenmesser, Kaltlochstempel, Holzbearbeitungswerkzeuge, Spannwerkzeuge. Mit hoher Verschleißfestigkeit, großer Elastizität und Zähigkeit bei guter Eignung für Dauerbeanspruchung.
85 CrMo 7.2	Für Kaltwalzen, große Massivprägegesenke, Preßköpfe, Druckplatten. Stahl mit hoher Druck- und Verschleißbeständigkeit, guter Schneidfähigkeit und Schnitthaltigkeit. Gute Maßbeständigkeit beim Härten, gute Bearbeitbarkeit.
90 MnV 8	Für Schnitte und Stempel, Matrizen, Münz- und Medaillenstempel, Eindruckpfaffen, Gewindeschneidwerkzeuge, Biege- und Rollstanzen, Bohrhülsen, Holzfräser. Meßwerkzeuge, wie Lehren, Kaliber. Der Stahl zeichnet sich durch sehr gute Maßbeständigkeit beim Härten aus. Ergänzt wird diese wichtige Eigenschaft durch beste Bearbeitbarkeit, große Härtesicherheit, hohe Schnitthaltigkeit und großen Verschleißwiderstand.
X 90 CrMoV 18	Für rostbeständige Hochleistungsschneidwerkzeuge in Fleischereimaschinen u. a. Für hochwertige schneidende chirurgische Instrumente, für rostbeständige Verschleißteile, wie Wälzlager, Waagenschneiden, Waagenpfannen, Nadelventile, Düsen u. ä. Rostbeständiger Stahl mit sehr guter Schneidfähigkeit und hohem Verschleißwiderstand.
100 Cr 6	Für Gewindeschneidwerkzeuge, Druck- und Biegewerkzeuge, Holzbearbeitungswerkzeuge, Ziehringe und Ziehstempel, Bördelwerkzeuge, Fließpreßwerkzeuge, Meßwerkzeuge, wie Endmaße, Lehren, Kaliber.

	Mit Molybdänzusatz für Kaltwalzen mittlerer Abmessung. Ölhärtender Stahl hoher Druck- und Verschleißfestigkeit. Gute Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit. Gute Maßbeständigkeit beim Härten, gute Bearbeitbarkeit.
100 V 3	Für Kaltschlagwerkzeuge, wie Kaltschlagbacken und Kopfstempel für die Schrauben-, Nieten- und Mutternerzeugung, Vorstaucher, Fertigdöpper, Stauchmatrizen, Messer für Drahtstiftmaschinen, kleine Prägematrizen, Münz- und Medaillenstempel. Gewindeschneideisen, Gewindebohrer, Schneidbacken. Der Stahl ist ein Schalenhärter. Er besitzt durch seine Überhitzungsunempfindlichkeit einen großen Härtebereich, weist bei hoher Härte eine vorzügliche Zähigkeit und Schnitthaltigkeit auf. Einhärtungstiefe ist durch die Härtetemperatur regelbar. Große Widerstandsfähigkeit gegen Schlag-, Stoß- und Druckbeanspruchung.
105 WCr 6	Für Schnitte, Schnittstempel, Stanzen, Gewindebohrer, Gewindefräser, Gewindesträhler, Stehbolzenbohrer, Räumnadeln, Sägenfräser, Schneidbacken, Schneideisen, Holzfräser, Kaliberwalzen, Meßwerkzeuge, Papiermesser. Der Stahl besitzt eine hohe Maßbeständigkeit beim Härten, ist sehr verschleißfest und weist eine große Härtesicherheit auf.
105 MnCr 4	Für Schnitte und Stanzen, Schneidwerkzeuge, Gewindeschneidwerkzeuge, Fräser, Lehren, Räumnadeln, Maschinenmesser, Meßvorrichtungen. Der Stahl ist leicht und sicher wärmebehandelbar, hat eine gute Maßbeständigkeit beim Härten sowie Zähigkeit und ist leicht bearbeitbar. Erreicht in Verschleißfestigkeit und Schnitthaltigkeit nicht ganz den Stahl 105 WCr 6.
115 CrV 3	In Silberstahlausführung für Gewindebohrer, Stehbolzenbohrer, Zentrierbohrer, Lochstempel, Ausstoßer, Reibahlen, Präzisionsspindeln für Meßwerkzeuge, Schraubenzieher; weiterhin für Metallsägen, Fräser, Stemmeisen, Ziehdorne zum Näpfchenzug. Wasserhärtender Kaltarbeitsstahl mit hoher Schnitthaltigkeit bei guter Zähigkeit und Zerspanbarkeit.

120 WV 4	Hauptsächlich in Silberstahlausführung, zur Fertigung kleiner Werkzeug- und Konstruktionsteile, bei denen Maßgenauigkeit im Vordergrund steht, wie Zentrier- und Gewindebohrer, Senker, Reibahlen, Lochstempel für Schnitt- und Stanzwerkzeuge, Ausstoßdorne, chirurgische Instrumente, Zahnbohrer. Wasserhärtender Stahl hoher Maßgenauigkeit und Verschleißfestigkeit. Vorzügliche Zerspanbarkeit.
125 CrSi 5	Für Holzfräser und Fräsmesser hoher Beanspruchung, Spiralbohrer, Gewindebohrer, Gewindeschneideisen, Fräser, Reibahlen, Profilmesser, Schnitte und Stanzen. Ölhärtender Stahl mit guter Maßbeständigkeit und Schneidfähigkeit.
X 125 WMo 6.5	Stahl mit höchster Verschleißfestigkeit, besonders geeignet für Schnittwerkzeuge, bei denen die hoch chromhaltigen Stähle keine ausreichende Schnitthaltigkeit gewährleisten. Weiterhin einsetzbar für alle anderen Verwendungszwecke des Stahles 210 Cr 46, wo höchste Verschleißbeständigkeit bei guter Zähigkeit notwendig ist. Der Stahl besitzt sehr gute Maßbeständigkeit beim Härten. Seine Zähigkeit entspricht etwa der des Stahles 165 CrMoWV 46. Außerordentlich hohe Druckfestigkeit. Relativ gute Bearbeitbarkeit im geglühten Zustand. Kennzeichnend für diesen Stahl ist seine niedrige, dem Verwendungszweck als Kaltarbeitsstahl angepaßte Härtetemperatur. (Sie entspricht etwa der der ledeburitischen Chromstähle.) Er ist auch bei größeren Abmessungen an Luft härtbar.
135 WV 4	Für Messer zum Schneiden von Papier, Tabak und ähnlichen Stoffen in Verbundstahlausführung, Schneidwerkzeuge mit hoher Leistung. Wasserhärter mit hoher Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit, als Verbundstahl geeignet.
140 Cr 2	Spezialstahl für hochwertige Feilen, Ziehwerkzeuge zum Ziehen von Stahl und NE-Metallen, Biege- und Rollstanzen, Schaber, Fräsmesser, Schneidwerkzeuge, Rasiermesser. Wasserhärter mit hoher Schnitthaltigkeit und Verschleißhärte, gute Bearbeitbarkeit.


DATA TRANSLATOR

142 WV 13	Für Ziehwerkzeuge, Riffelwerkzeuge, Walzendrehstähle, Hobelmesser, Gewehrlaufbohrer, Werkzeuge zum Bearbeiten von Kunststoffen, Glas, Perlmutter und Porzellan, Reibahlen, Gewindesträhler, Feinstwerkzeuge für die feinmechanische Industrie, Gravurstichel, Schabwerkzeuge, Ziehringe zur Patronen- und Näpfchenerzeugung, Ziehmesser, Stoß- und Profilmesser, Musterdrehstähle. Wasserhärter mit der höchsten erreichbaren Härte aller Kaltarbeitsstähle. Sehr hohe Schnitthaltigkeit und Verschleißfestigkeit bei Zerspanungsarbeiten mit geringer Schnittgeschwindigkeit. Geeignet zur Bearbeitung härtester Werkstoffe.
145 CrV 6	Für Maschinenbohrer, Gewindeschneideisen und -backen, Gewindesträhler, Gewindewalzbacken, Räumnadeln, Reibahlen, Schnittstahl für große Fräser und Fräsmesser, Abgratwerkzeuge, Stehbolzengewindebohrer, Druckrollen für die Blechbearbeitung, Meßwerkzeuge und Lehren. Ölhärtender Stahl hoher Schnitthaltigkeit und Verschleißhärte, geringe Maßänderung beim Härten, gute Bearbeitbarkeit.
165 CrMoWV 46	Für alle Werkzeuge, die unter 210 Cr 46 aufgeführt sind, anwendbar bei erhöhten Anforderungen an die Zähigkeit, wie Hochleistungsschnitte, die besondere Zähigkeit aufweisen müssen, Gewinderollwerkzeuge, Holzfräser und Holzbearbeitungswerkzeuge, Pfaffen zum Einsenken von Kunstharzformen. Backen und Messer zur Drahtstifterzeugung, Biege- und Bördelrollen, Kaltlochstempel u. ä. Der Stahl besitzt sehr hohe Maßbeständigkeit beim Härten, sehr großen Verschleißwiderstand und vorzügliche Schnitthaltigkeit. Auch bei größeren Abmessungen für Lufthärtung geeignet. Besitzt gegenüber den hoch chromhaltigen Stählen mit 2,1 % C höhere Zähigkeit bei gleichem Verschleißwiderstand.
210 Cr 46	Hochleistungsschnitte bester Maßgenauigkeit für Bleche aller Festigkeiten bis 4 mm Dicke, besonders für Trafo- und Dynamobleche, Ziehringe, Ziehmatrizen, Räumnadeln, hochtourige Holzfräser, Scherenmesser, Preßwerkzeuge für keramische Massen, Druck- und Preßwerkzeuge, Gewindewalzwerkzeuge, Eindruckpfaffen. Tiefziehwerkzeuge, Drehmesser und Bohrer zur Bearbeitung nichtmetallischer Werkstoffe.

	Standardstahl für höchste Verschleißbeanspruchungen. Sehr hohe Maßbeständigkeit beim Härten, vorzügliche Schnitthaltigkeit und hohe Druckfestigkeit.
210 CrW 46	Anwendungsgebiete ähnlich wie 210 Cr 46 mit den Vorteilen etwas höherer Verschleißfestigkeit und besserer Härtbarkeit. Sehr hohe Maßbeständigkeit beim Härten, vorzügliche Schnitthaltigkeit. Auch bei größeren Abmessungen für Lufthärtung geeignet.

3. Stahleigenschaften

Die Auswahl eines Kaltarbeitsstahles wird in Abhängigkeit vom Verwendungszweck durch die Werkzeugbeanspruchung bestimmt. Um einen optimalen Stahleinsatz zu gewährleisten, ist es zunächst notwendig, die wichtigsten mechanisch-technologischen Eigenschaften und deren Einflußgrößen zu kennen und gegenüberzustellen.

3.1. Verschleißwiderstand und Zähigkeit

Eine der Hauptkenngrößen von Werkzeugstählen ist die Verschleißfestigkeit. Sie charakterisiert den Widerstand gegen die Abtrennung von Werkstoffteilchen unter verschiedensten Beanspruchungsbedingungen. Die außerordentliche Vielzahl von Einflüssen, die den Werkzeugverschleiß bestimmen, lassen allerdings keine Angabe einer einheitlichen Werkstoffgröße, wie das z. B. Härte oder Zugfestigkeit ist, zu. Je nach Verschleißpartner und deren Eigenschaften sowie Belastung, Temperatur usw., kommen verschiedene Verschleißbedingungen zur Wirkung, die völlig unterschiedliche, zum Teil gegensätzliche Ergebnisse hervorrufen können. Zum Beispiel verursachen mineralische und metallische Gegenkörper wesentlich andere Verhaltensweisen. Der Verschleißwiderstand eines Werkzeuges wird sich deshalb in der Regel aus einer Summe von stahlbedingten und technologischen Eigenschaften ergeben.

Trotz dieser Schwierigkeiten lassen sich für das Verschleißverhalten gehärteter Stähle gewisse Richtlinien nennen. So sind Gefügeaufbau und mechanische Eigenschaften mitbestimmend für das Verschleißverhalten. Allgemein wird durch höheren Kohlenstoffgehalt, d. h. höhere Härte, die Verschleißfestigkeit gefördert. Es ist jedoch zu beachten, daß keineswegs eine lineare Abhängigkeit existiert. Zum Beispiel kann Anlassen bei 200 °C trotz merklichen Härteabfalls zu gleichbleibendem oder höherem Verschleißwiderstand führen. Daß trotz nahezu gleicher Härte z. B. bei Stählen mit mehr als 0,6 % C unterschiedliches Verschleißverhalten festzustellen ist, ist auf die verschleißhemmende Wirkung von Karbiden zurückzuführen. Ein steigender Zusatz karbidbildender Elemente wie W, Mo, V, Cr fördert deshalb den Verschleißwiderstand. Daraus erklärt sich beispielsweise auch die sehr gute Verschleißfestigkeit der 12prozentigen Chrom-Kaltarbeitsstähle und des Stahles X 125 WMo 6.5.

Neben der Menge sind Art (Härte), Form, Größe und Verteilung der Karbide sowie die Härte der martensitischen Grundmasse von Bedeutung.

Neben dem Verschleißverhalten spielt die Zähigkeit des Stahles als weitere technologische Grundgröße eine entscheidende Rolle. Die Zähigkeit charakterisiert die Fähigkeit des Stahles, die Bruchgefahr durch sein plastisches Verformungsvermögen herabzusetzen. Verschleiß und Zähigkeit stehen in unmittelbarem Zusammenhang, wobei bekannt ist, daß beide Eigenschaften gegenläufige Tendenz aufweisen. Es ist deshalb notwendig, für den jeweiligen Verwendungs-

zweck abzuschätzen, welcher Größe die Hauptbedeutung zukommt. Härte und Gefüge beeeinflussen die Zähigkeitseigenschaften ebenso wie den Verschleiß maßgeblich. Die Beurteilung der Zähigkeit gehärteter Werkzeugstähle ist über entsprechende Versuche möglich. Sie liefern Anhaltswerte zur Einschätzung dieser wichtigen Gebrauchseigenschaft.

In Bild 1 und 2 sind die plastische Durchbiegung sowie die Biegefließgrenze (0,1 Grenze) in Abhängigkeit von der Werkstoffhärte für eine Reihe wichtiger Kaltarbeitstähle dargestellt. Bei der Werkstoffauswahl ist zu beachten, daß nicht allein die plastische Durchbiegung als zähigkeitbestimmender Faktor maßgeblich ist, sondern auch der Biegefließgrenze Bedeutung zukommt. Eine niedrige Fließgrenze bedeutet, daß der Stahl bereits bei geringen Belastungen bleibende Formänderungen erleidet. Optimale Verhältnisse sind dann gegeben, wenn beide Größen möglichst hoch liegen. Die in den Diagrammen angebenenen Härtewerte beziehen sich auf (je nach Stahlmarke) verschiedene Anlaßtemperaturen, welche der Tabelle 3 entnommen werden können.

Eine Beurteilung der einzelnen Stahlmarken laßt die bekannte Wirkung des Kohlenstoffgehaltes auf die Zähigkeit deutlich werden. Die zähharten Stähle 50 NiCr 13 und 45 WCrV 7 besitzen bei gleichen Härtewerten die höchste plastische Durchbiegung. Von den mittellegierten Ölhärtern schneidet der Stahl 90 MnV 8 im Bereich üblicher Gebrauchshärten am besten ab. Den Erfahrungen entspricht auch die niedrige Zähigkeit des ledeburitischen Chromstahles 210 Cr 46. Sehr gute Eigenschaften weist dagegen trotz seines hohen Karbidgehaltes der Stahl X 125 WMo 6.5 auf.

Unter Beachtung des Einflusses auf den Verschleißwiderstand ist, ausgehend von der Hauptbeanspruchung, die günstigste Anlaßhärte einzustellen. Ist eine Erhöhung der Zähigkeit erforderlich, sind zwei Wege gangbar; einmal die Steigerung der Anlaßtemperatur, was zu einem Härteabfall und — je nach eingestellter Härte — zur Erhöhung des Verschleißes führt. Andererseits kann auf eine zähere Stahlmarke mit niedrigerem Kohlenstoff- und Karbidgehalt übergegangen werden, was jedoch ebenfalls eine Verminderung des Verschleißwiderstandes zur Folge hat. Kommt der Zähigkeit die Hauptbedeutung zu, ist der letztgenannte Weg meist der sicherere. Eine grobe Klassifizierung gebräuchlicher Kaltarbeitsstähle bezüglich Verschleißverhalten und Zähigkeit ist in Bild 3 wiedergegeben, wobei als Parameter die jeweils übliche Einsatzhärte benutzt wurde. Für besonders kritische Anwendungsfälle, bei denen die Zähigkeit der normal erschmolzenen Stähle nicht mehr den Erfordernissen entspricht, sollte der Einsatz Ultrareiner Stähle überprüft werden. Vielfach konnten damit durch Steigerung der Bruchsicherheit erheblich höhere Werkzeugstandzeiten erzielt werden. Nähere Angaben über UR-Stähle bitten wir dem Prospekt „Ultrareiner Stahl" zu entnehmen.

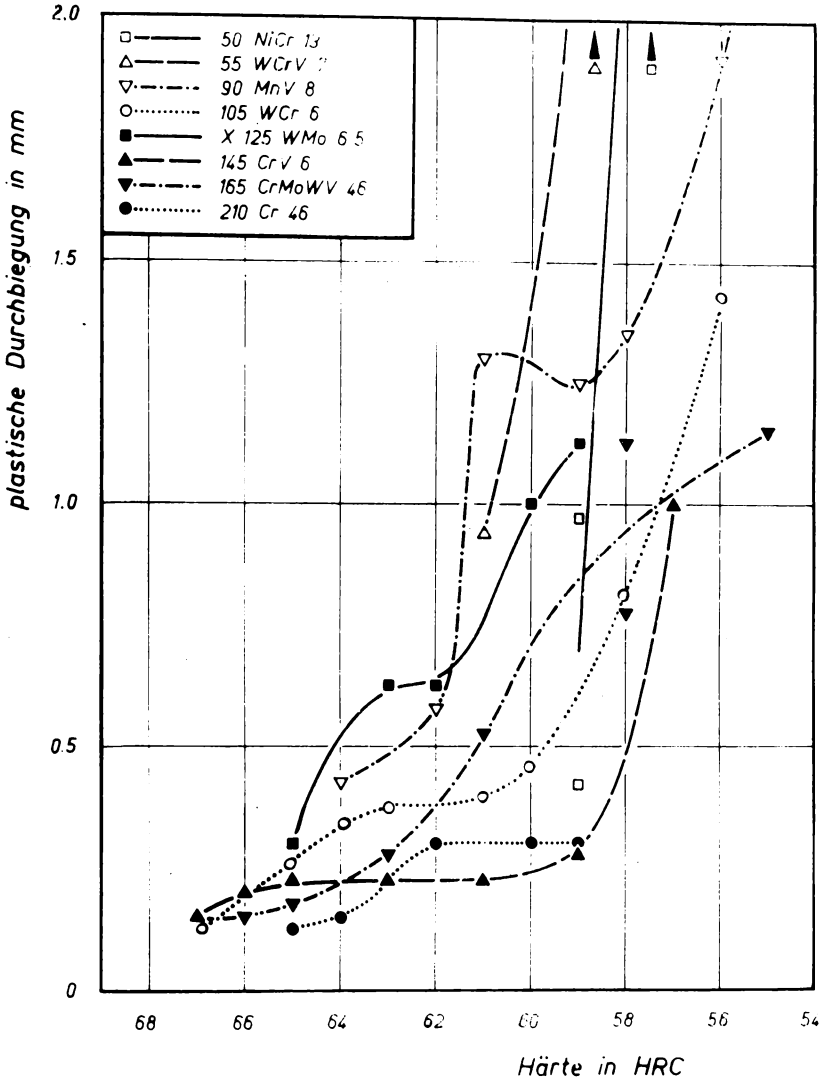


Bild 1: Plastische Durchbiegung verschiedener Kaltarbeitsstähle in Abhängigkeit von der Härte

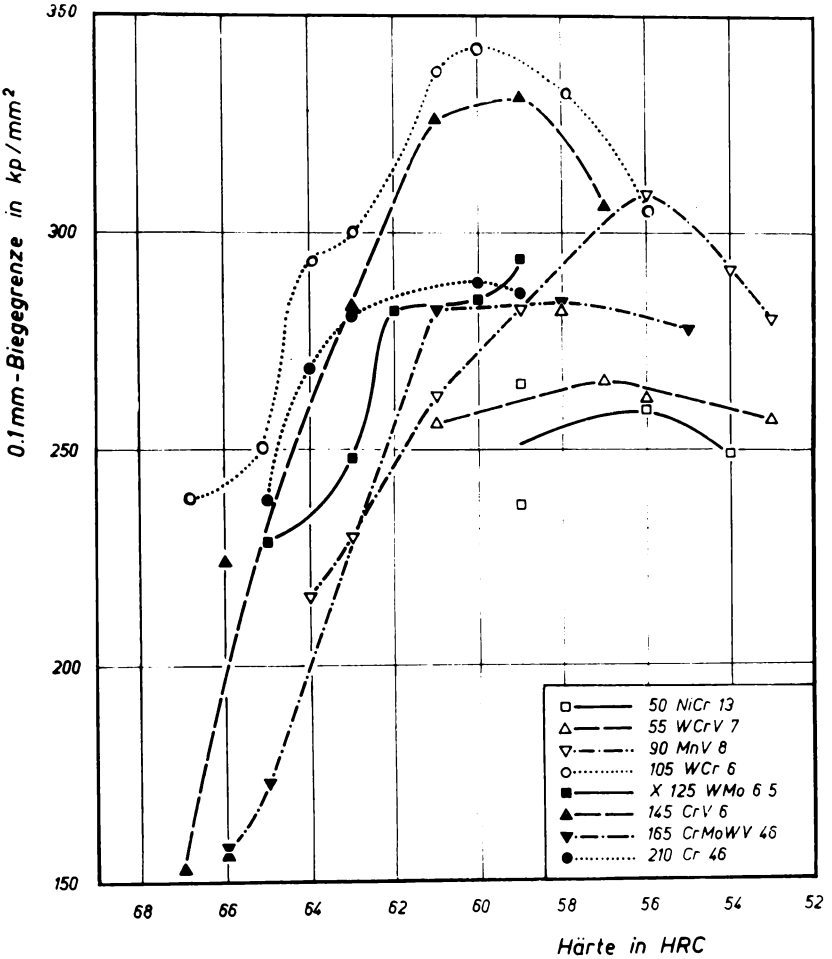


Bild 2: Biegefließgrenze verschiedener Kaltarbeitsstähle in Abhängigkeit von der Härte

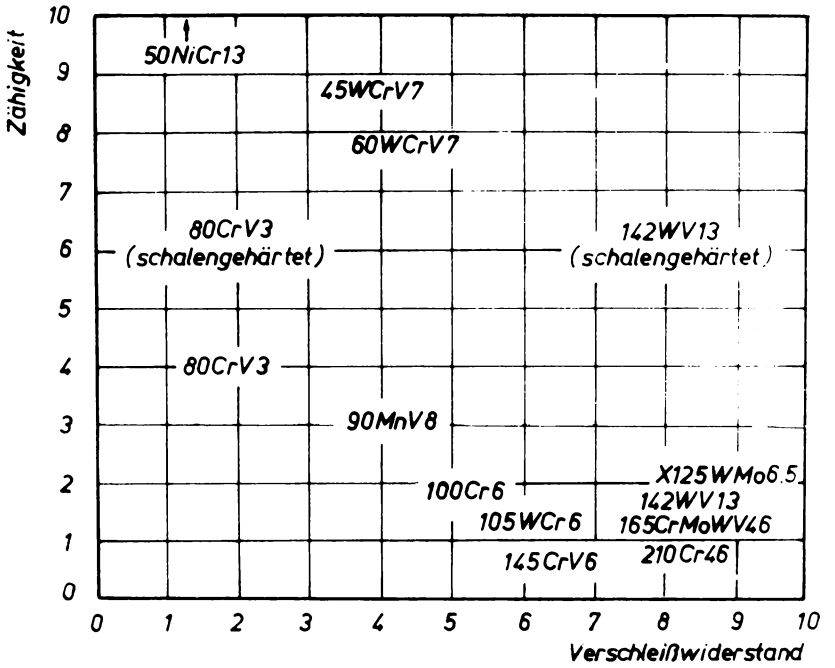


Bild 3: Qualitativer Zusammenhang von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit für einige gebräuchliche Kaltarbeitsstähle

3.2. Härtbarkeit und Umwandlungsverhalten

3.2.1. Härtbarkeit

Die Kenntnis des Härtbarkeitsverhaltens von Stählen hilft Fehler bei der Stahlauswahl vermeiden. Es sollte deshalb neben den abzuschätzenden Gebrauchseigenschaften, wie Verschleißwiderstand, Druckfestigkeit und Zähigkeit, auch dem Härteverhaltens entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die Härtbarkeit ist eine für jeden Stahl charakteristische physikalische Größe. Sie untergliedert sich in die zwei Begriffe Aufhärtung und Einhärtung.

Die maximal erreichbare Härte eines Stahles nach dem Abkühlen (Aufhärtung) ist nahezu ausschließlich vom Kohlenstoffgehalt abhängig. Die erreichbare Einhärtetiefe wird dagegen vom Legierungsanteil und Gefügezustand (Austenit-

korngröße) über ihre Wirkung auf die kritische Abkühlgeschwindigkeit bestimmt. (Einfluß der wichtigsten Legierungselemente auf die Einhärtung siehe Abschn. 2.2.) Neben diesen metallurgisch bedingten Faktoren wirken sich Abkühlmedium und Werkstückquerschnitt auf das Ergebnis der Härtung eines Werkstückes aus. Größere Abmessungen und milder wirkende Abschreckmittel verringern sowohl die Oberflächenhärte als auch die Einhärtetiefe. Diese Tatsache muß bei der Benutzung der im Abschnitt 3.4. angegebenen Härtewerte beachtet werden

Für viele Verwendungszwecke ist eine genaue Kenntnis des Durchhärtungsverhaltens wesentlich. Ölhärtende Schnittstähle beispielsweise sind zur Erzielung einer ausreichenden Oberflächenhärte an gutes Durchhärtungsvermögen gebunden. Daneben können erst unter diesen Bedingungen Maßänderungen beim Härten überschaut werden. In Bild 4 ist deshalb für eine Reihe von Stählen die Abhängigkeit der Einhärtetiefe vom Werkstückdurchmesser für bestimmte Oberflächenhärten angegeben.

Beispiel für die Benutzung von Bild 4:

Gesucht wird der Querschnitt für den Stahl 90 MnV 8, der im Kern noch eine Härte von 62 HRC aufweist. Dieser Wert ist auf der 45°-Linie abzulesen und beträgt etwa 30 mm vkt. oder rund. Bei einem Werkstück ∅ von 50 mm würde die Einhärtetiefe nur noch 5 mm betragen und oberhalb 58 mm ∅ ist eine Härte von 62 HRC selbst auf der Oberfläche nicht mehr erreichbar. Für diesen Fall müßte ein Stahl besserer Härtbarkeit, z. B. 165 CrMoWV 46, ausgewählt werden. Selbstverständlich sind die angegebenen Werte nur als Richtlinien für die Stahlauswahl zu betrachten. Wenn andere Querschnittsverhältnisse auftreten, muß versucht werden, einen vergleichbaren Rundquerschnitt zu finden. Bild 5 bietet hierzu für die im Werkzeugbau häufigen Flachabmessungen eine Möglichkeit. Bei größeren als in Bild 5 angegebenen Abmessungen kann mit folgender Formel auf entsprechende Durchmesser umgerechnet werden:

$$d = \frac{2\,ab}{a+b}$$

a — Breite
b — Dicke

Ergänzend sei hinzugefügt, daß bei scheibenförmigen zylindrischen Körpern, wenn also die Länge geringer als der Durchmesser ist, die Länge bzw. Dicke als das für die Härtung entscheidende Maß bei der beschriebenen Rechnung zu benutzen ist. In Zweifelsfällen empfiehlt es sich, immer auf den besser härtenden Stahl zurückzugreifen.

3.2.2. Umwandlungsverhalten

Die Härtbarkeitseigenschaften von Stählen lassen sich auch über die Kenntnis der Umwandlungsbedingungen bei der Abkühlung von der Härtetemperatur abschätzen. Auskunft über das Umwandlungsverhalten geben die ZTU-Schaubilder, bei denen man zwischen isothermen und kontinuierlichen zu unterscheiden hat. Für das Härten der Stähle sind die kontinuierlichen Schaubilder von Bedeutung. Bild 6 zeigt ein derartiges Schaubild vom Stahl 50 NiCr 13. Darin sind jeweils

Beginn und Ende der einzelnen Umwandlungs- (Gefüge-)Bereiche sowie verschiedene Abkühlkurven eingezeichnet. Die Kurve höchster Abkühlgeschwindigkeit liegt am weitesten links, dementsprechend rechts die der langsamsten Abkühlung. Am Fuß der Kurven ist die jeweils erreichbare Härte angegeben, während die Zahlenwerte an den Schnittpunkten zwischen Umwandlungs- und Abkühlkurven auf den prozentualen Anteil dieser Gefügeart im Werkstück bei Raumtemperatur hinweisen. Die Lage der Umwandlungsbereiche ist bei den einzelnen Stahltypen sehr verschieden, das zeigt ein Vergleich der Bilder 7 bis 9, die jeweils einen charakteristischen Wasser-, Öl- und Lufthärter zeigen. Ursache für diese Abweichungen ist ihre unterschiedliche Härtbarkeit (vgl. Abschnitt 3.2.1.).

Die ZTU-Schaubilder einer Reihe weiterer gebräuchlicher Kaltarbeitsstähle sind in den Bildern 10 bis 16 wiedergegeben. Mit Hilfe der ZTU-Diagramme ist es möglich, bei Kenntnis des Abkühlverlaufes in beliebigen Werkstückquerschnitten im voraus abzuschätzen, welches Gefüge und welche Härte nach dem Abkühlen erwartet werden kann. Die Bilder 17 bis 21 geben für Wasser-, Öl- und Lufthärtung sowie verschiedene Durchmesserbereiche die Abkühlungszeiten von 800 bis 500 °C über den Querschnitt an.

Nachfolgend soll an einem Beispiel die Benutzung der Abkühltafeln erläutert werden:

Welche Härte und welches Gefüge besitzt ein Werkstück mit 80 mm ∅ aus 145CrV6 nach Wasserhärtung am Rand und im Kern?

Aus Bild 18 werden die Abkühlzeiten entnommen ($t_A < 4$ s bzw 38 s). Diese werden in das ZTU-Schaubild übertragen. Daraus kann abgelesen werden, daß zur Bildung von 100 Prozent Martensit eine Abkühlzeit kleiner 12 s notwendig ist (1. Kurve von links), d. h. der Rand erreicht Höchsthärte mit 922 HV. Die Kernabkühlung entspricht etwa der 2. Kurve von links. Im Gefüge sind 70 Prozent Perlit und 30 Prozent Zwischenstufengefüge enthalten, bei einer Härte von 421 HV.

Wird dieselbe Abmessung in Öl gehärtet, so erreicht selbst der Rand ($t_A = 27$ s) kein martensitisches Gefüge mehr (Abkühlung zwischen 1. und 2. Kurve links). Man kann abschätzen, daß die Oberflächenhärte etwa 600 HV betragen wird.

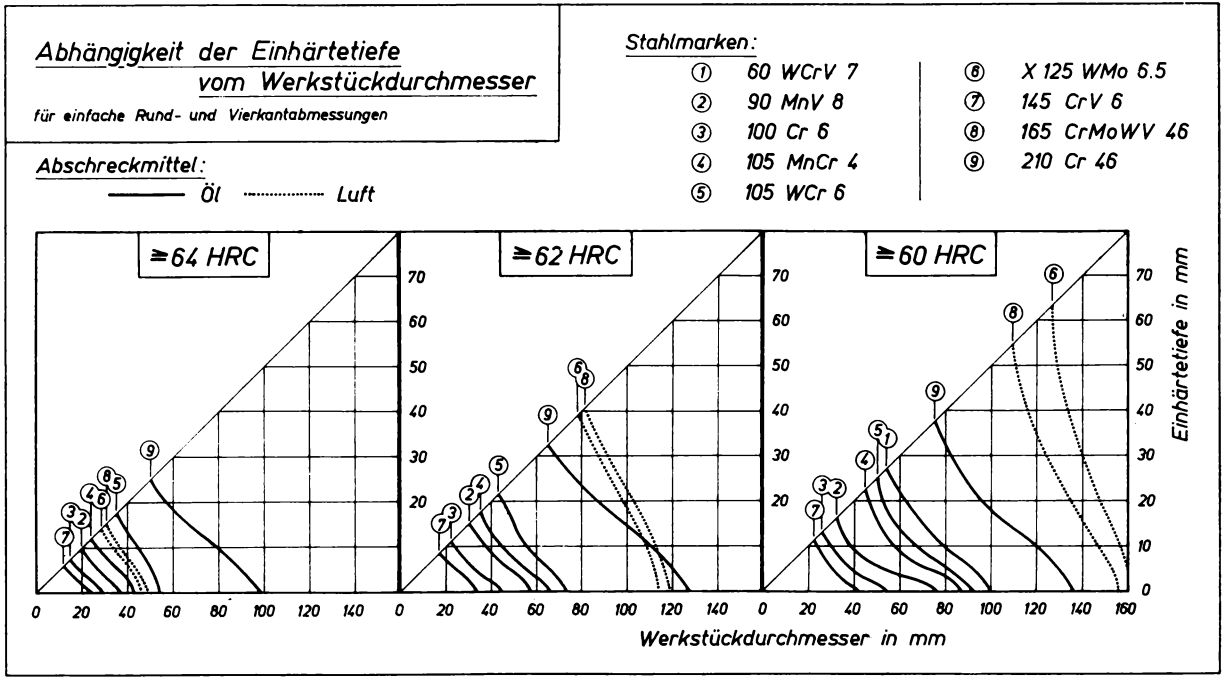


Bild 4: Abhängigkeit der Einhärtetiefe vom Werkstückdurchmesser

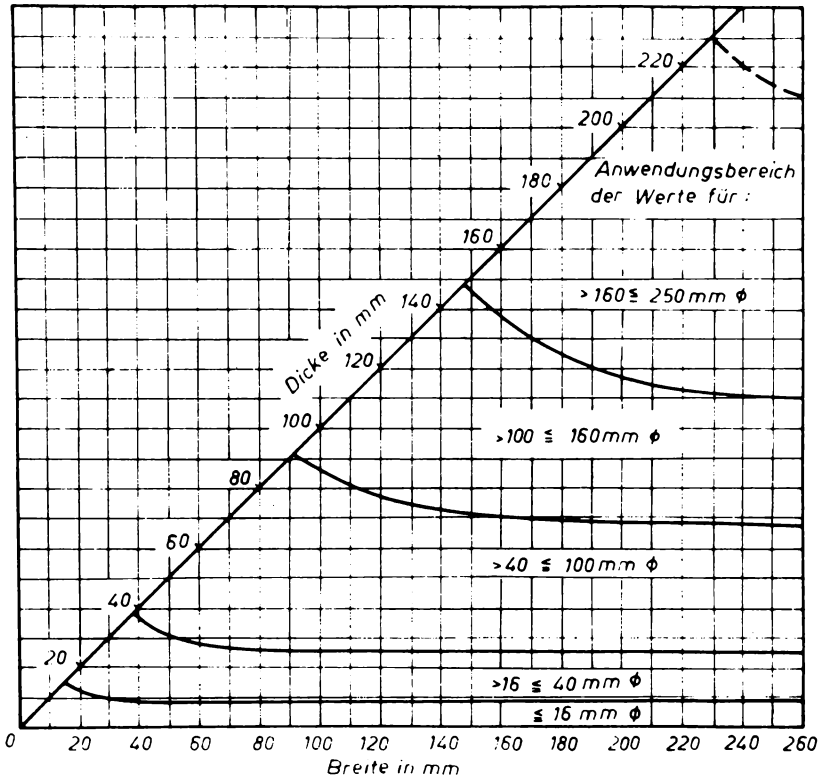


Bild 5: Umrechnung von Flach auf Rund

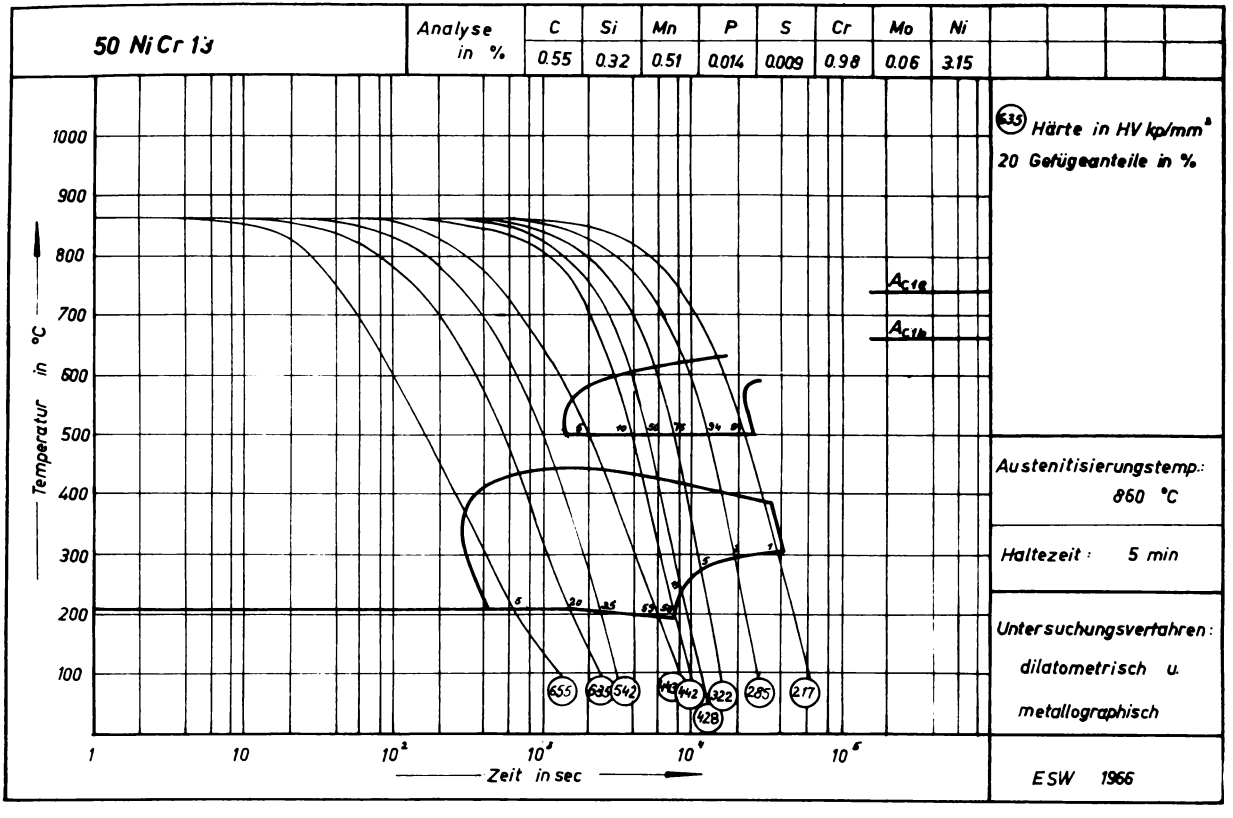


Bild 6: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 50 NiCr 13

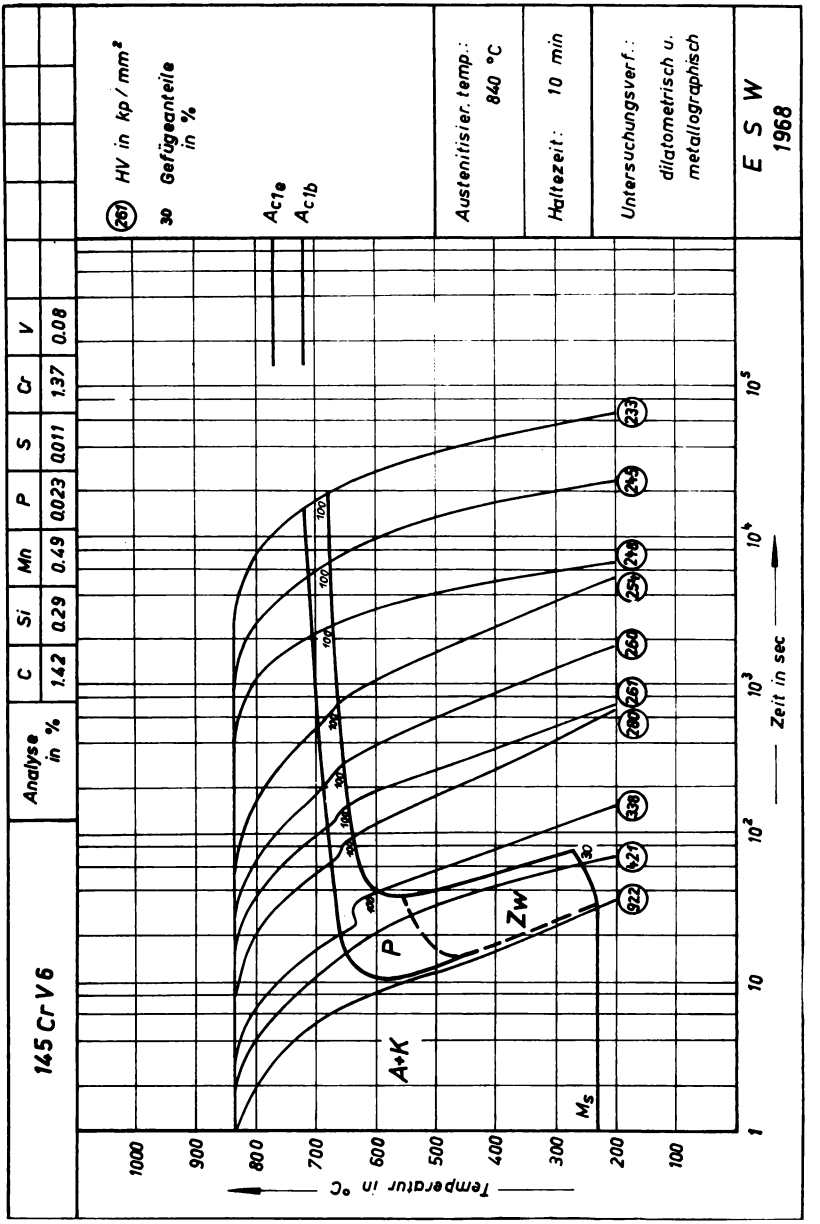


Bild 7: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 145 CrV 6

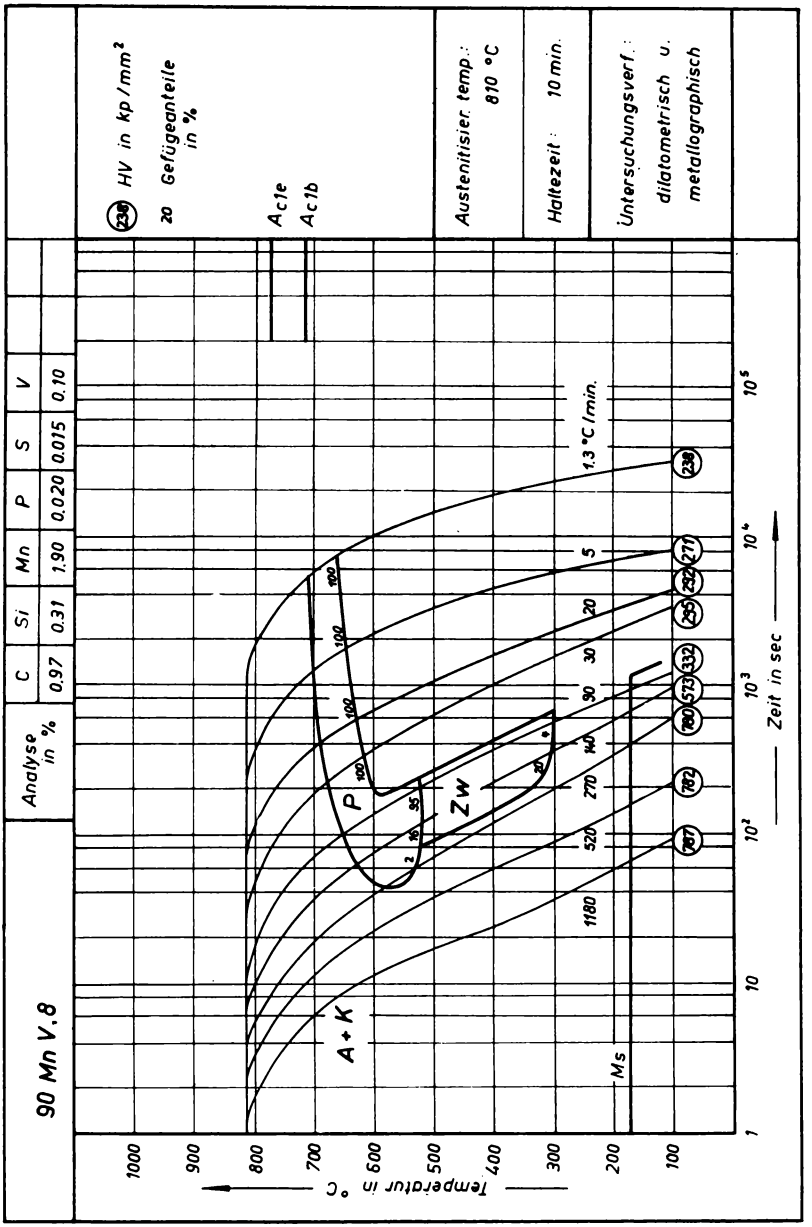


Bild 8: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 90 MnV 8

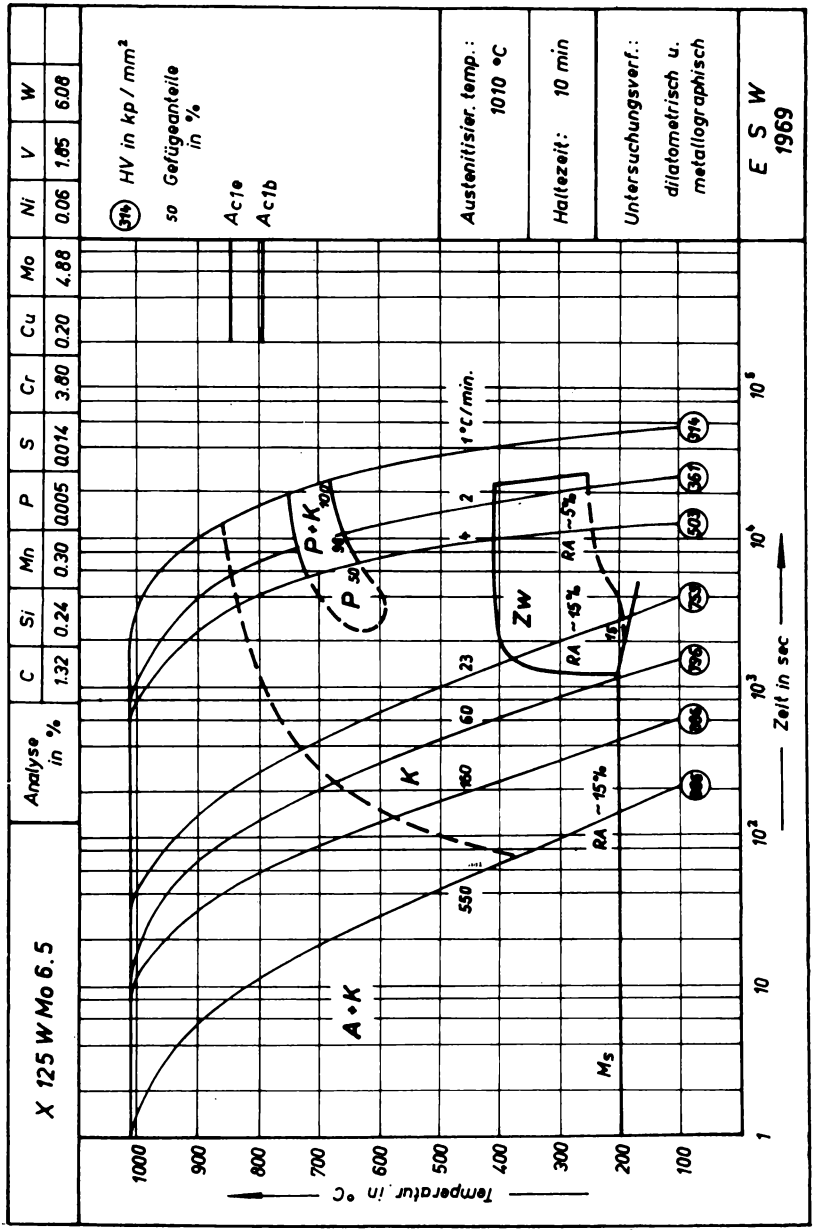


Bild 9: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke X 125 WMo 6.5

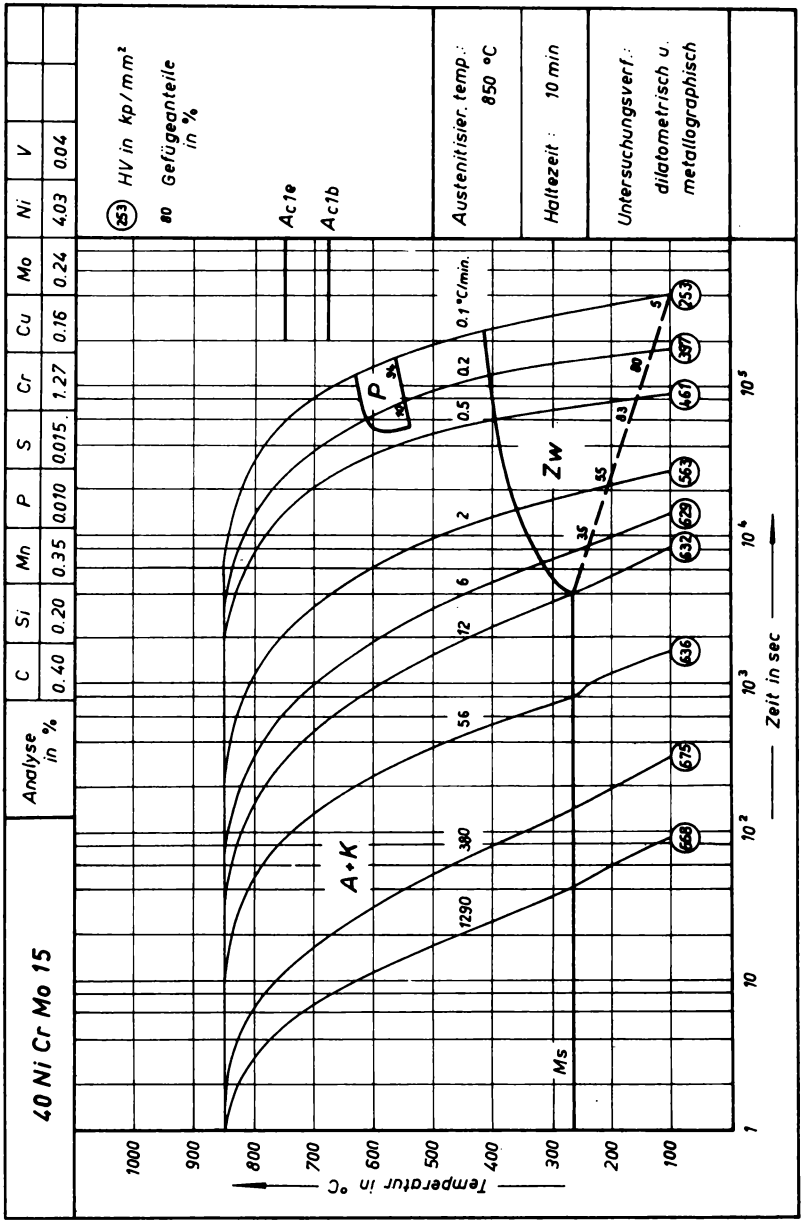


Bild 10: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 40 NiCrMo 15

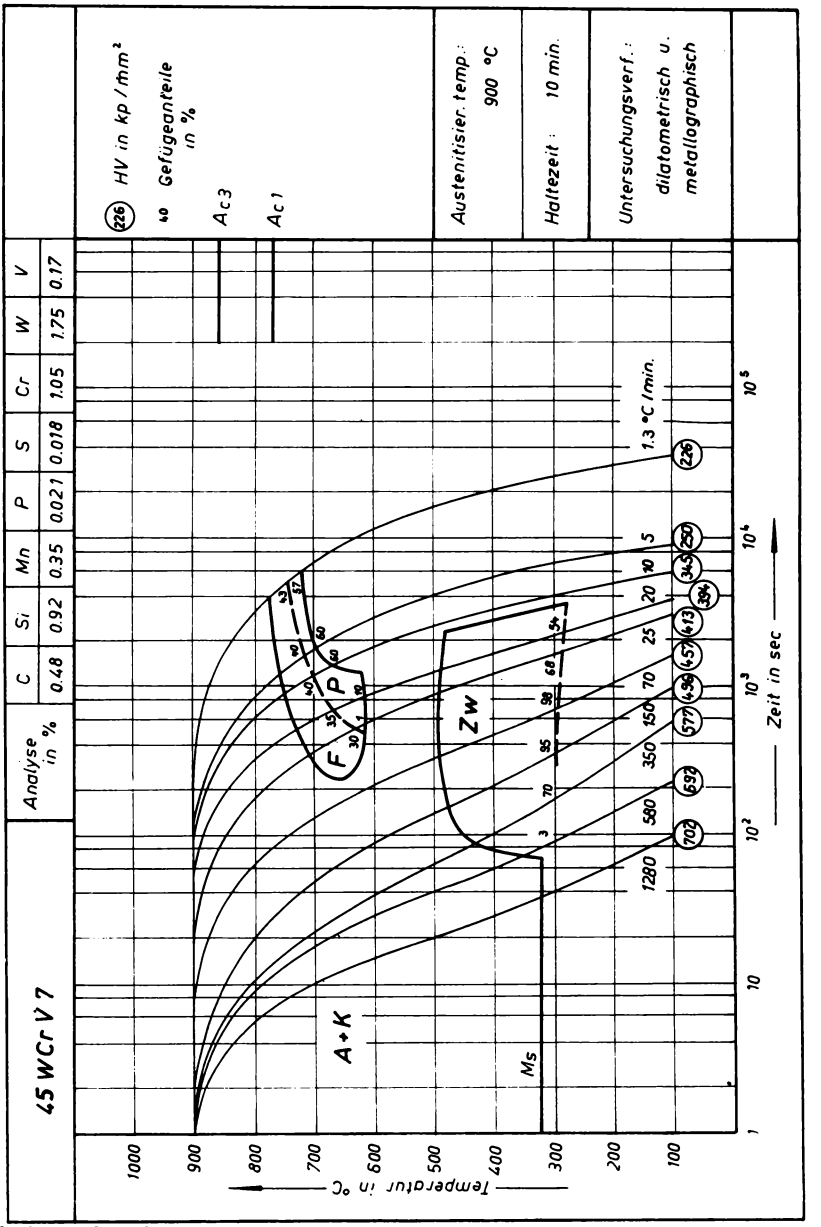


Bild 11: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 45 WCrV 7

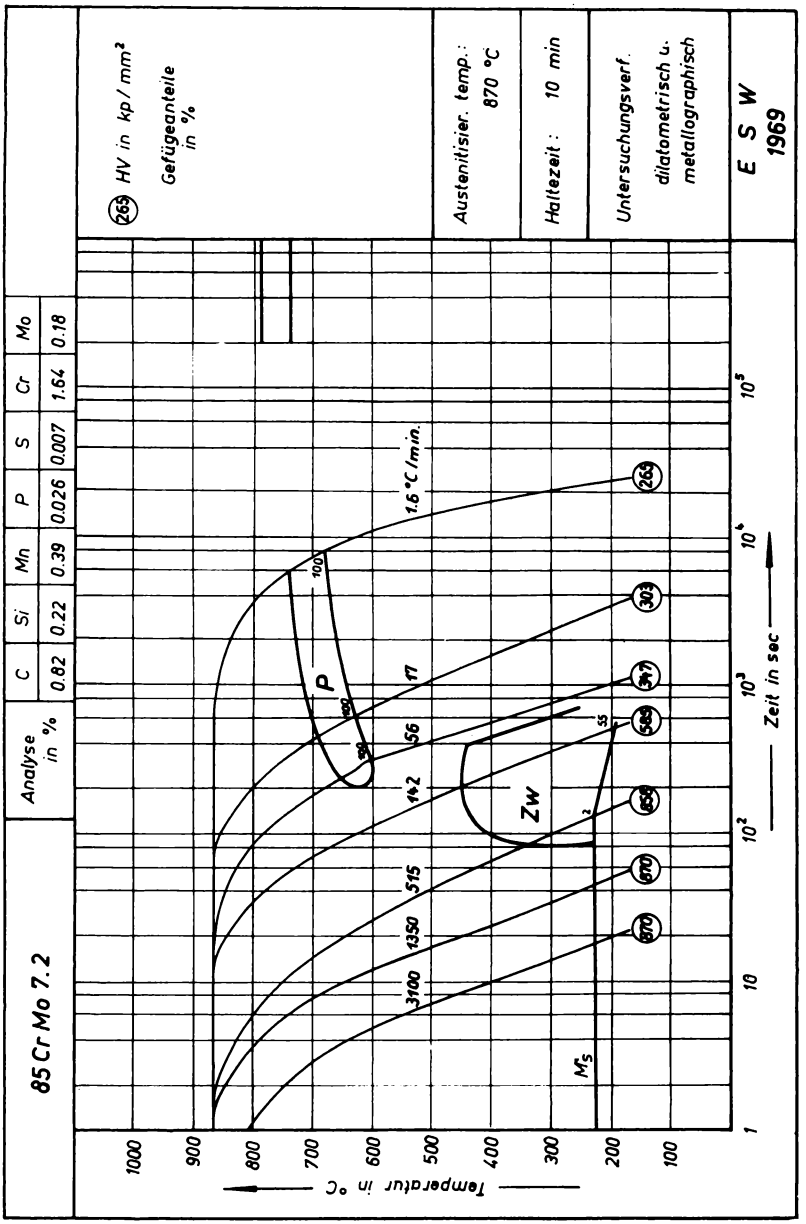


Bild 12: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 85 CrMo 7.2

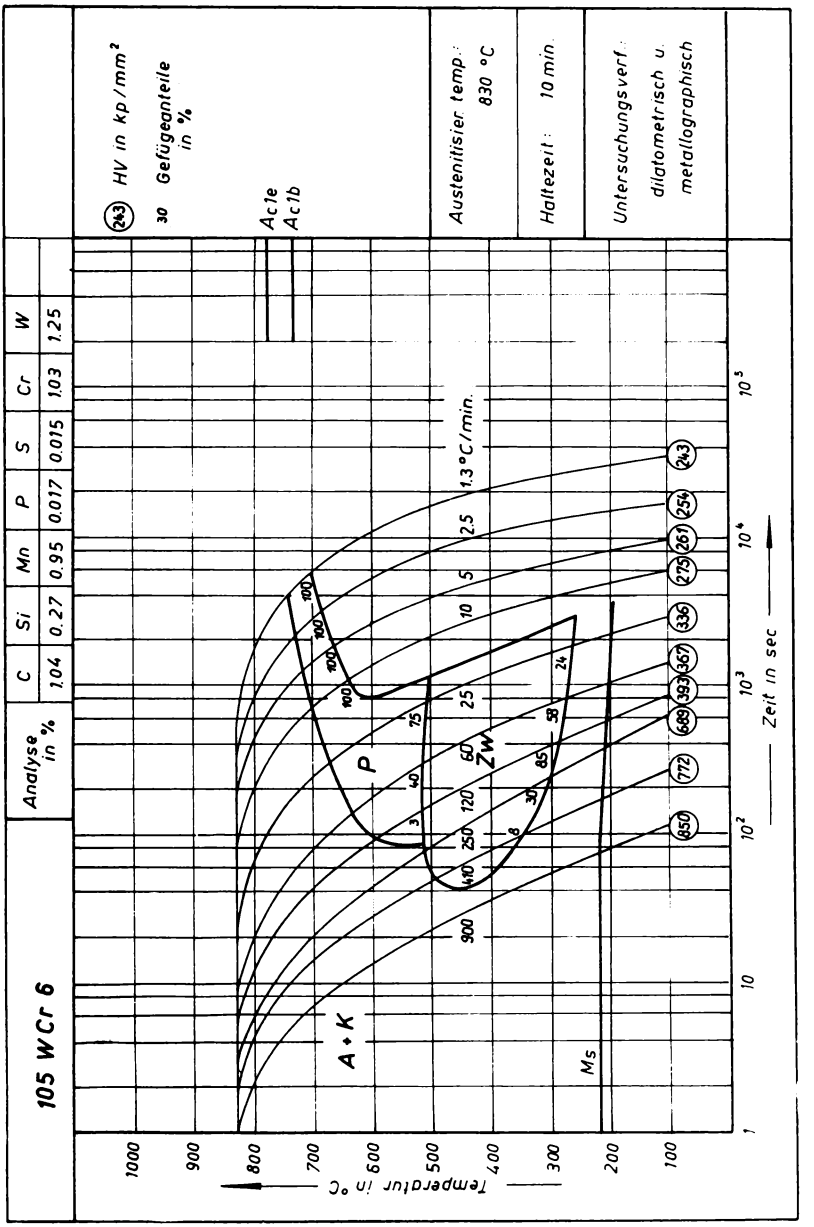


Bild 13: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 105 WCr 6

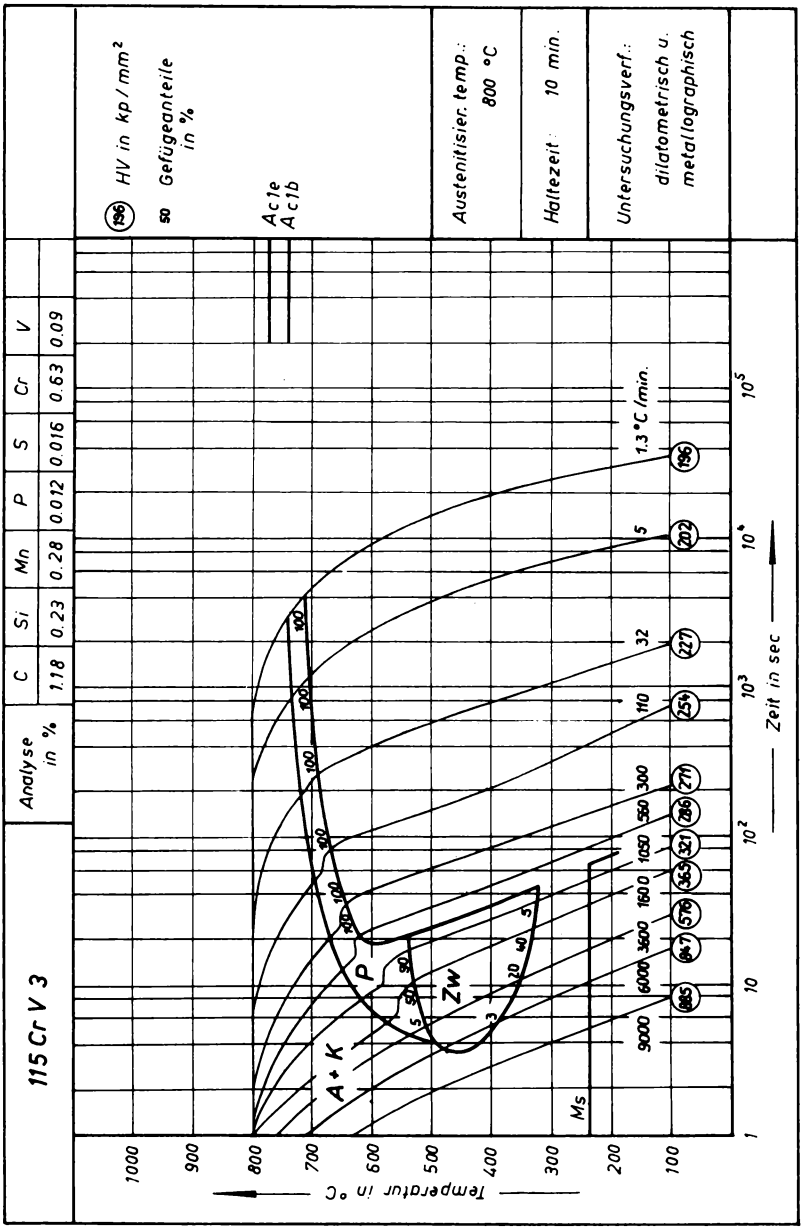


Bild 14: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 115 CrV 3

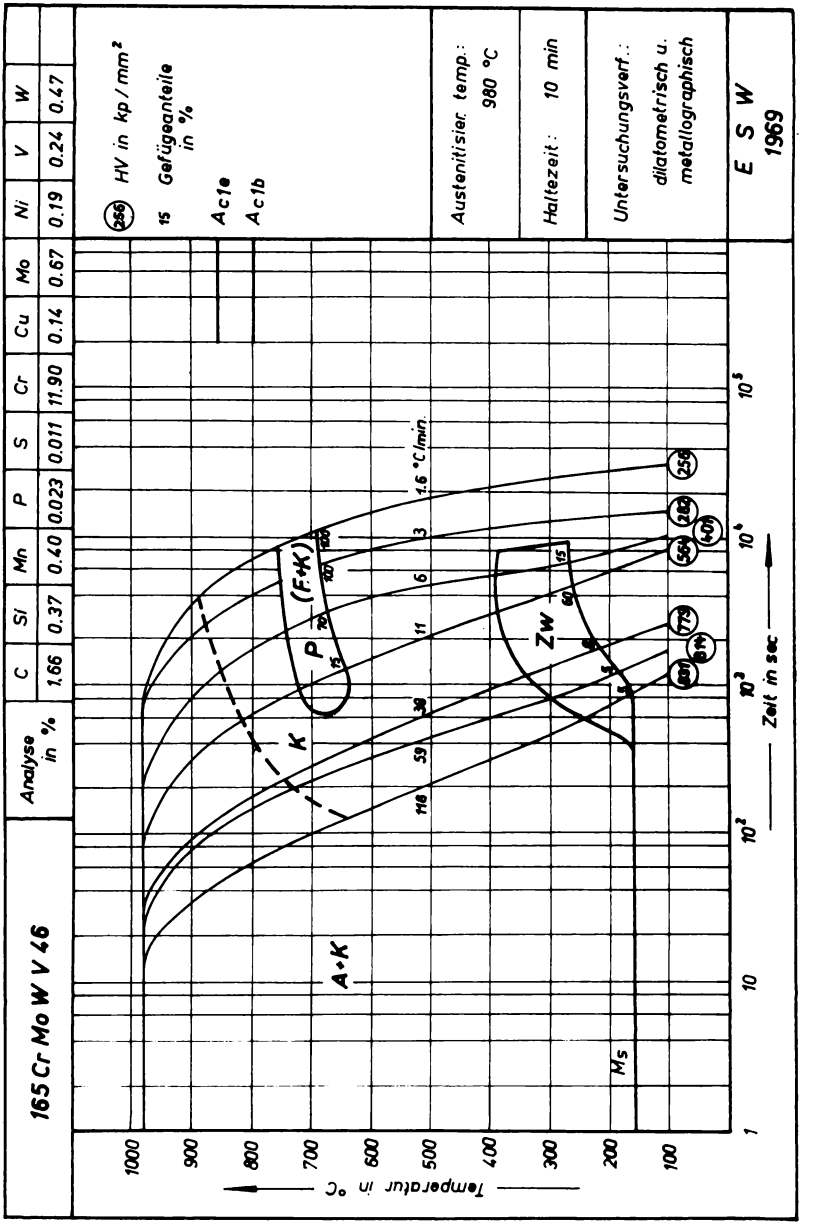


Bild 15: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 165 CrMoWV 46

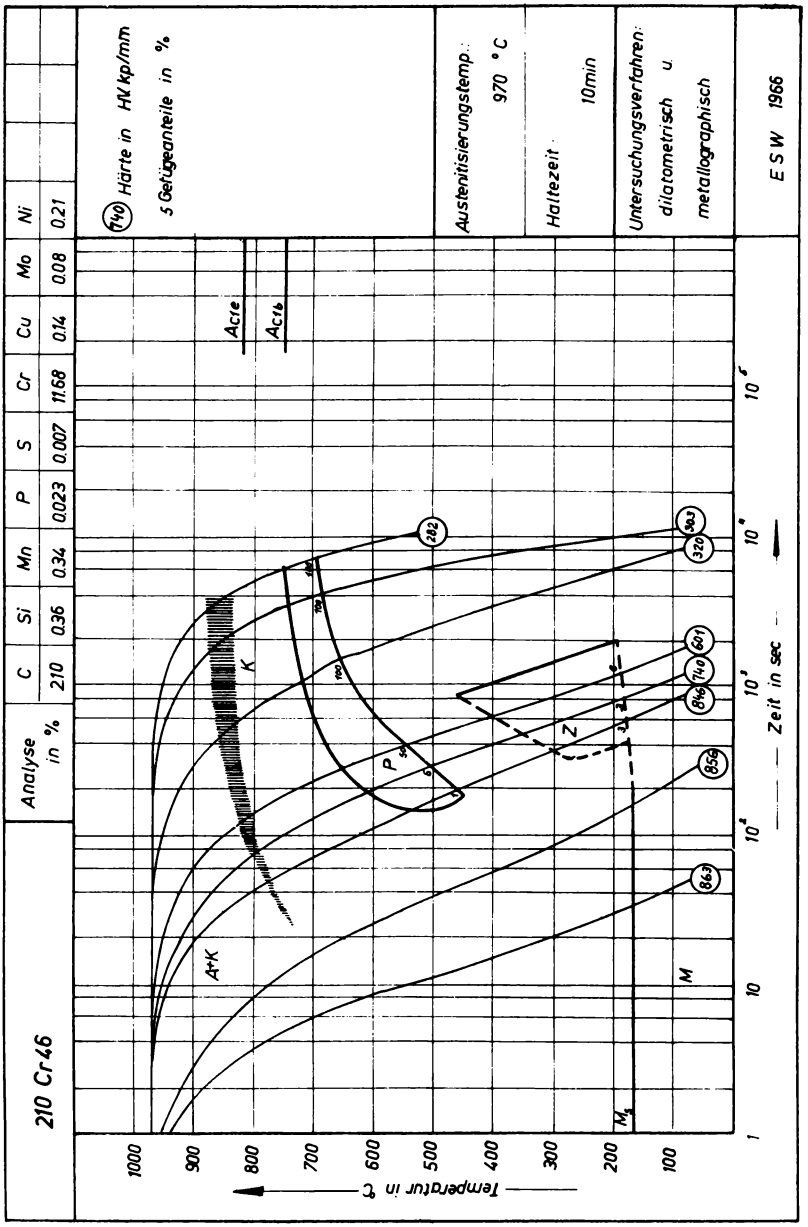


Bild 16: ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung der Stahlmarke 210 Cr 46

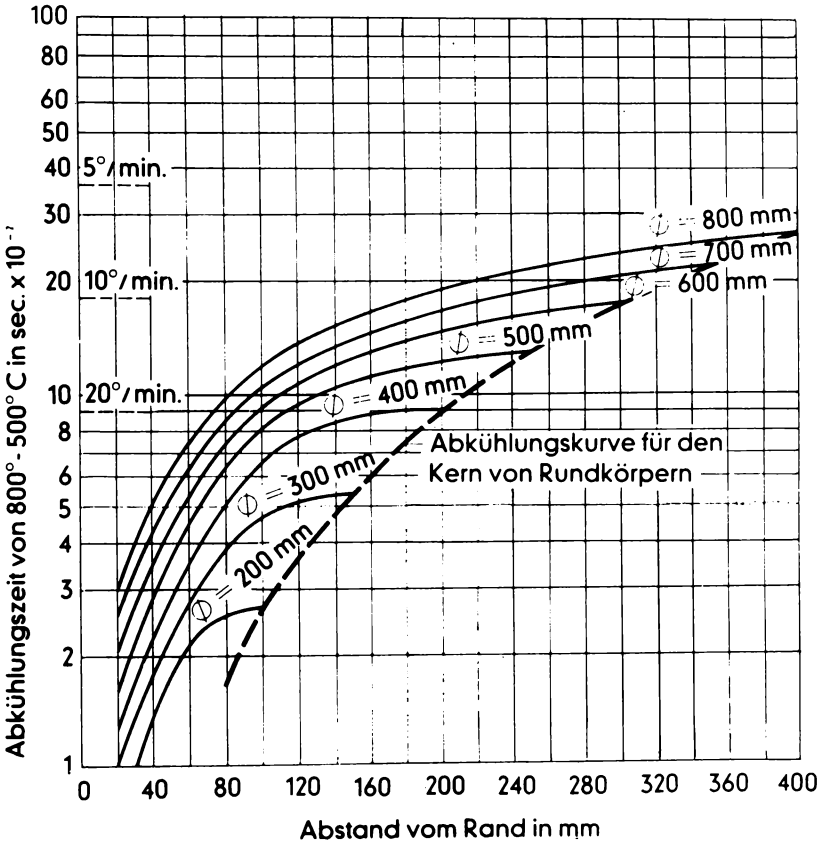


Bild 17: Verlauf der Abkühlzeit von 800 bis 500 °C für runde Abmessungen bei Wasserabkühlung

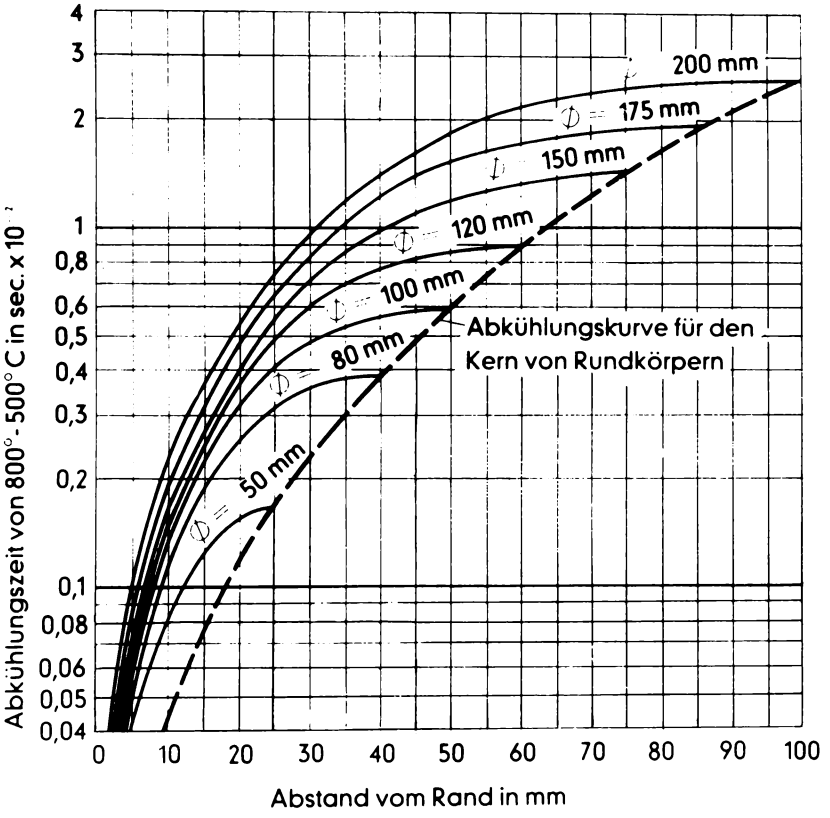


Bild 18: Verlauf der Abkühlzeit von 800 bis 500 °C für runde Abmessungen bei Wasserabkühlung

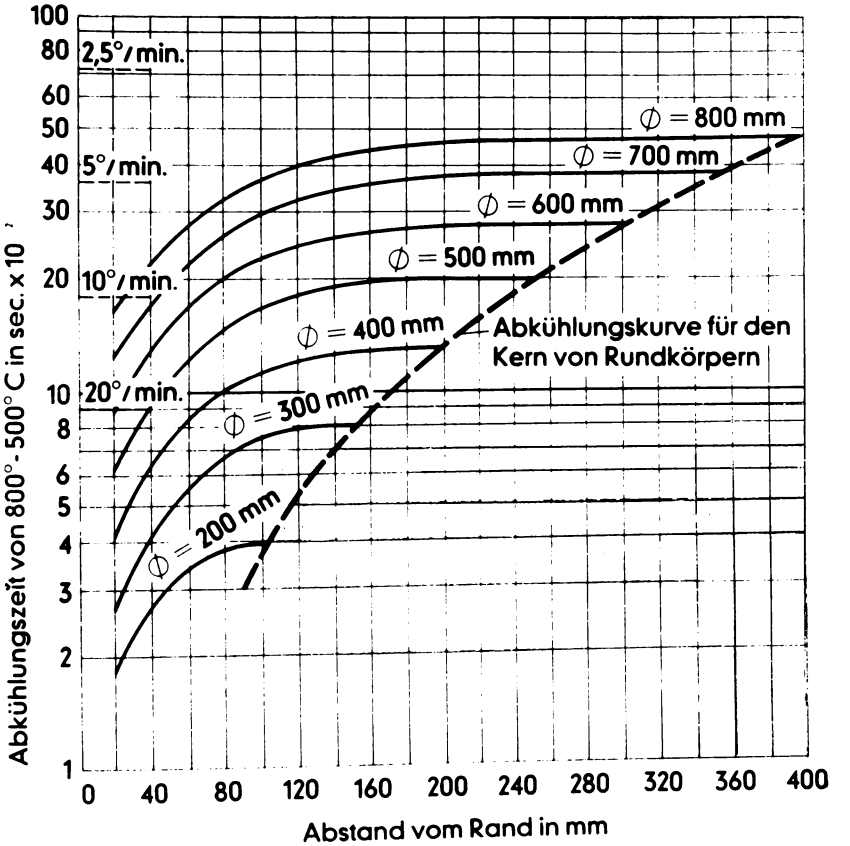


Bild 19: Verlauf der Abkühlzeit von 800 bis 500 °C für runde Abmessungen bei Ölabkühlung

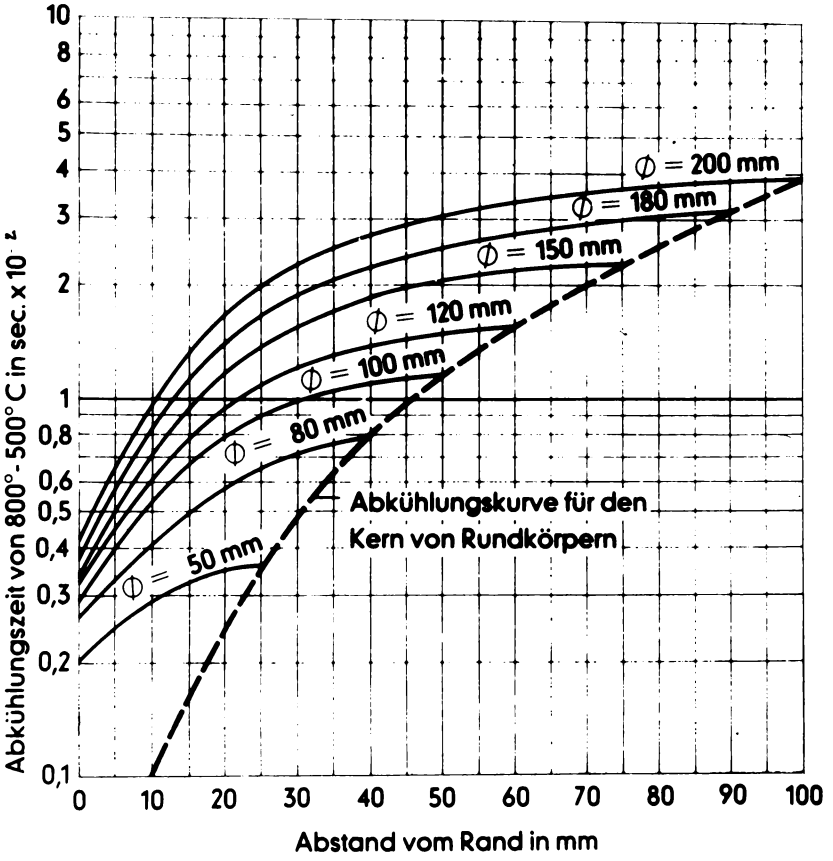


Bild 20: Verlauf der Abkühlzeit von 800 bis 500 °C für runde Abmessungen bei Ölabkühlung

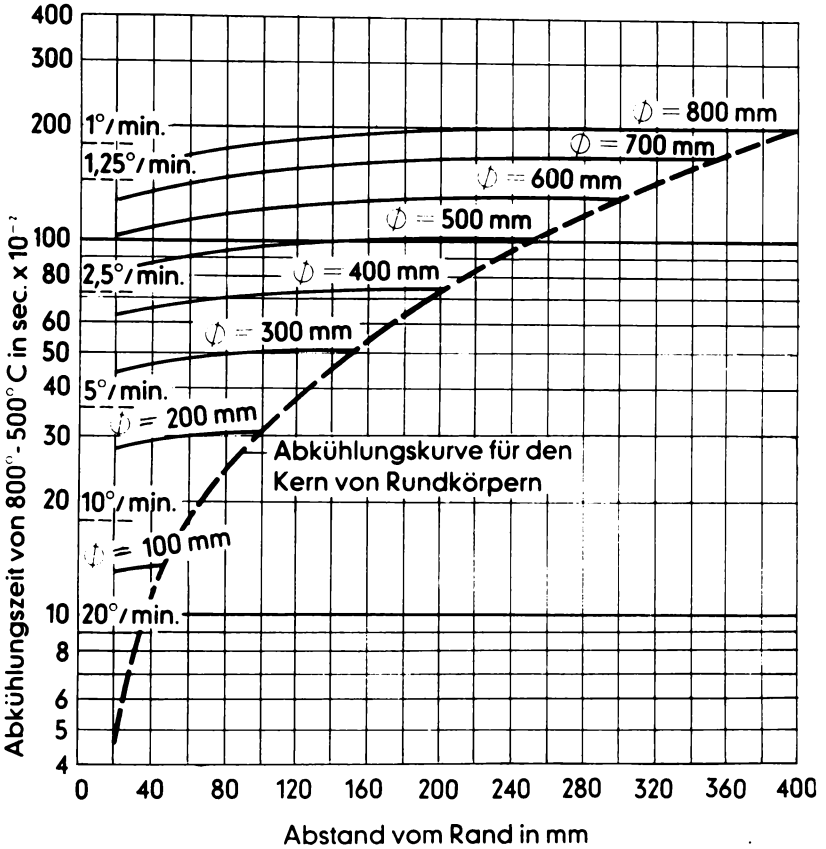


Bild 21: Verlauf der Abkühlzeit von 800 bis 500 °C für runde Abmessungen bei Luftabkühlung

3.3. Maßänderungsverhalten

Zu den vielen Anforderungen, die an Werkzeugstähle gestellt werden, gehört auch jene nach Maßbeständigkeit bei der Wärmebehandlung. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den unvermeidlichen Änderungen der Abmessungen, die durch Wärmespannungen oder durch Volumenänderungen bei Umwandlungsvorgängen

entstehen und die als Maßänderung bezeichnet werden sowie dem „Verzug" als vermeidbare Formänderung.

Die auf die Maßänderung wirkenden Einflüsse sind der nachstehenden Darstellung zu entnehmen:

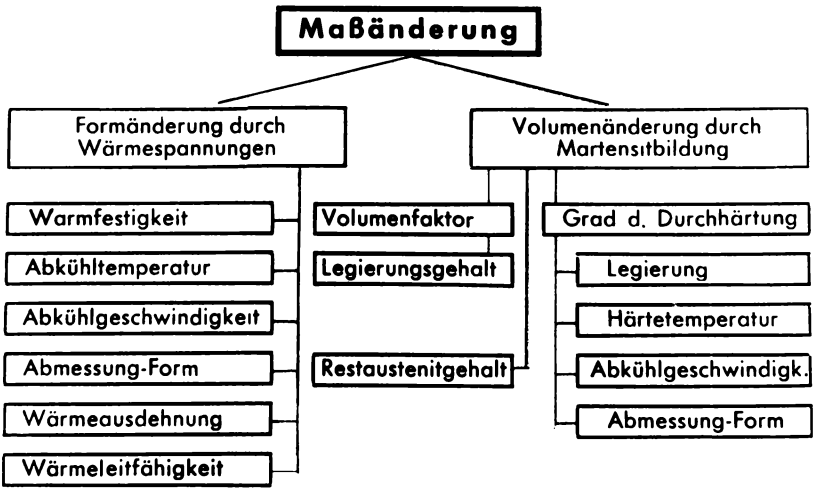


Bild 22: Einflußgrößen der Maßänderung

Haupteinflußgrößen auf die Maßänderung sind Wärmespannungen, die bei der Abkühlung durch plastische Verformung abgebaut werden. Unter der Wirkung dieser Spannungen versuchen alle Körper, ihre Gestalt der Kugelform anzunähern. Weiterhin beeinflussen Volumenänderungen infolge Martensitbildung das Maßänderungsverhalten, wie Bild 23 zeigt.

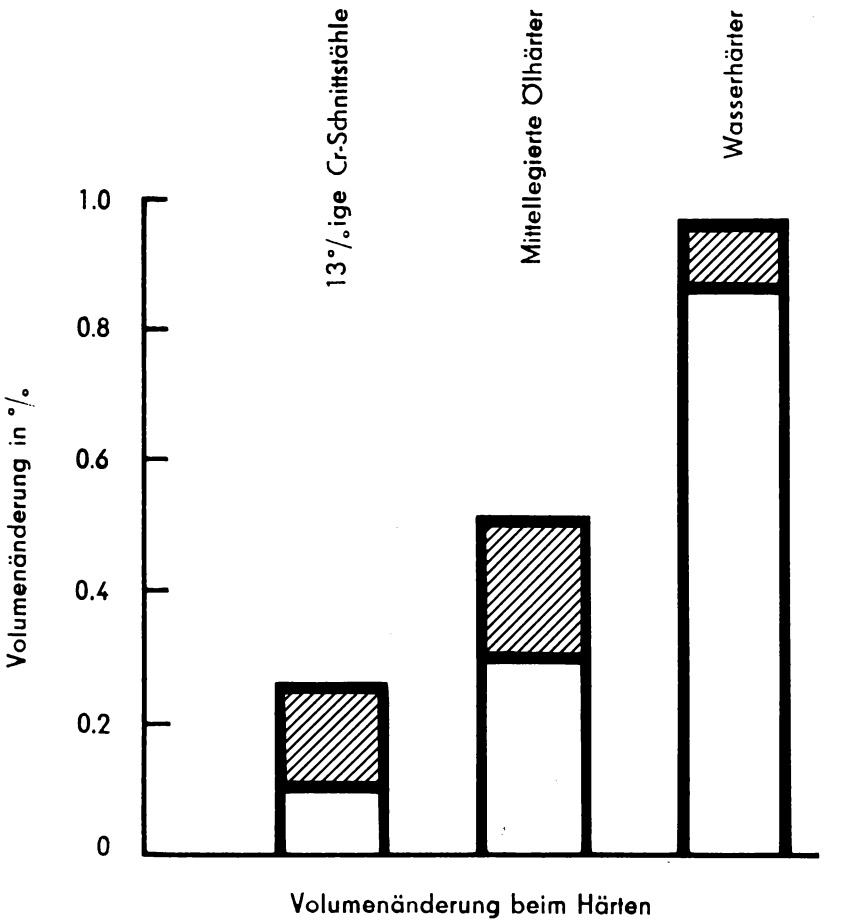


Bild 23:

Danach haben die unlegierten Stähle mit 0,85 — 0,95 Prozent C die größte, die ledeburitischen Stähle die kleinste Volumenzunahme zu verzeichnen, letzteres bedingt durch den relativ hohen Restaustenitanteil und Karbidanteil im Gefüge. Der Volumenfaktor ist allerdings kein ausreichendes Kennzeichen für Maßänderungsverhalten, da der Einfluß verschieden hoher Durchhärtung bei größeren Abmessungen berücksichtigt werden muß. Die Volumenzunahme von Werkzeugen verschiedener Abmessungen ist somit stark von der Härtbarkeit des Stahles abhängig.

Das Zusammenwirken von Formänderungen durch Wärmespannungen sowie Volumenänderungen durch Martensitbildung führt oft zu den scheinbar unüberschaubaren Maßänderungen. Es zeigt sich jedoch, daß gewisse Gesetzmäßigkeiten vorhanden sind.

Der Mechanismus der Maßänderung verläuft (schematisch) nach Bild 24.

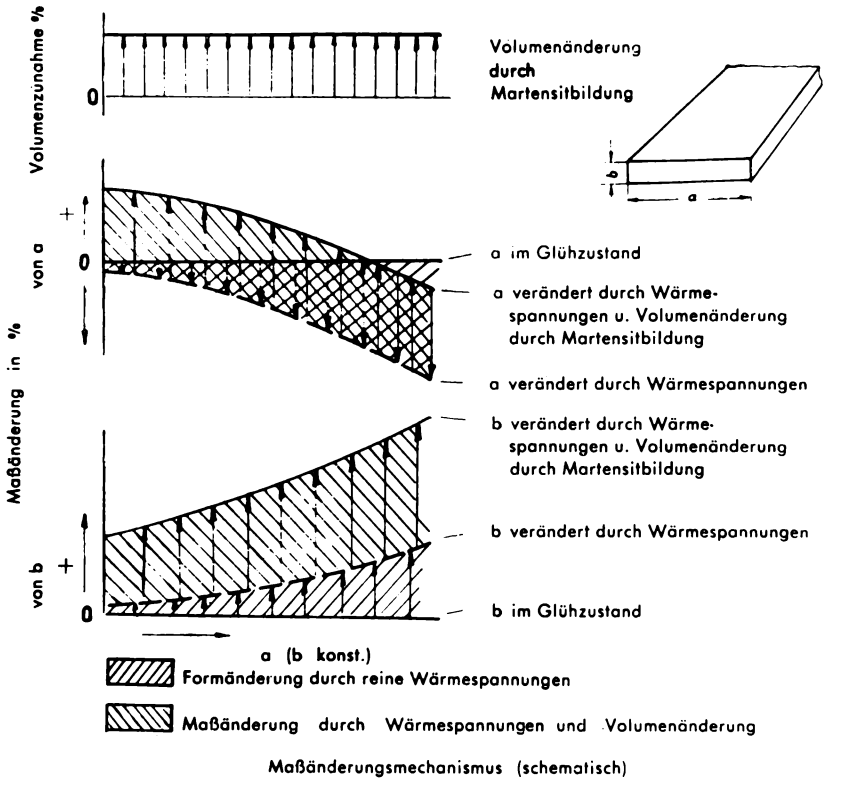


Bild 24: Maßänderungsmechanismus (schematisch)

Daraus ist zu ersehen, daß bei einem plattenförmigen Körper die Dickenmaße mehr als die Flächenmaße wachsen. Im ersten Stadium des Abkühlvorganges tritt eine Verformung im Sinne der Annäherung an die Kugelgestalt ein. Darauf baut sich die Volumenzunahme durch Martensitbildung auf, d. h. anfänglichen Flächenmaßschrumpfungen folgen Flächenmaßzunahmen. Bei großen Plattenabmessungen besteht allerdings die Möglichkeit, daß die Schrumpfungen von der Volumenzunahme nicht mehr ausgeglichen werden können.

Eine weitere Einflußgröße auf die Maßänderung stellt die Abkühlgeschwindigkeit dar. Geringere Abkühlwirkung durch Wahl milderer Härtemittel verringert die Wärmespannungen und Volumenzunahme. Das führt in der Regel zu kleineren Maßänderungen. Deshalb ist der Übergang von Öl- auf Warmbadhärtung, sofern Härtbarkeit, Anlagen usw. das zulassen, zu empfehlen, da Riß- und Verzugsgefahr geringer sind.

Durch Anlassen werden die beim Härten eintretenden Maßänderungen beeinflußt.

Bei niedrig- und mittellegierten Ölhärtern verringert sich bei Anlaßtemperaturen bis 200 °C das Volumen etwas, bis 320 °C ergeben sich Volumenvergrößerungen durch Restaustenitzerfall. Bei hochlegierten Stählen tritt der Restaustenitzerfall erst oberhalb 500 °C auf.

Im folgenden Abschnitt sind Hinweise auf Maßnahmen zur Erhöhung der Maßbeständigkeit plattenförmiger Körper aufgeführt.

Maßnahmen gegen Flächenmaßvergrößerungen

1. Bei Verwendung von Stählen hoher Einhärtetiefe — Erhöhung der Härtetemperatur.
2. Bei Verwendung von Stählen geringerer Einhärtetiefe — Senkung der Härtetemperatur.
3. Warmbad- und Lufthärtung beeinflußt die Maßänderungen weniger als 1. und 2., führt jedoch gegenüber Ölhärtung zu kleinerer Maßzunahme.
4. Anlassen unter 200 °C oder über 320 °C für mittellegierte Ölhärter.

Maßnahmen gegen Flächenmaßverkleinerungen

1. Bei Verwendung von Stählen hoher Einhärtetiefe — Senkung der Härtetemperatur.
2. Bei Verwendung von Stählen geringerer Einhärtetiefe — Erhöhung der Härtetemperatur.
3. Anlassen im Bereich 200 — 300 °C für die mittellegierten Ölhärter.

Konstruktive Änderungen beeinflussen gleichfalls die Maßänderung. Vergrößerung der Flächenmaße führt beispielsweise zu geringeren Flächenmaßzunahmen, kleinere Platten verringern die Schrumpfung.

Ein etwas abweichendes Maßänderungsverhalten weisen hochlegierte, karbidreiche Stähle auf. Sie zeigen eine infolge Karbidorientierung richtungsabhängige Maßänderung, die über eine Veränderung der Härtetemperatur durch Steuerung des Restaustenitanteils in weiten Grenzen beeinflußbar ist. Dabei sind die Maßänderungen in Verformungsrichtung größer als senkrecht dazu.

An plattenförmigen Körpern mit liegender Faser (Verformungsrichtung in Plattenebene) begegnet man diesem Umstand dadurch, daß jene Richtung, für die höchste Genauigkeit notwendig ist, quer zur Hauptverformungsrichtung gelegt wird. Geringste Maßänderung ergibt in der Regel Ölhärtung. Beim Härten größer werdende Maße können durch Erhöhen, kleiner werdende Maße durch Senken der Härtetemperatur positiv beeinflußt werden.

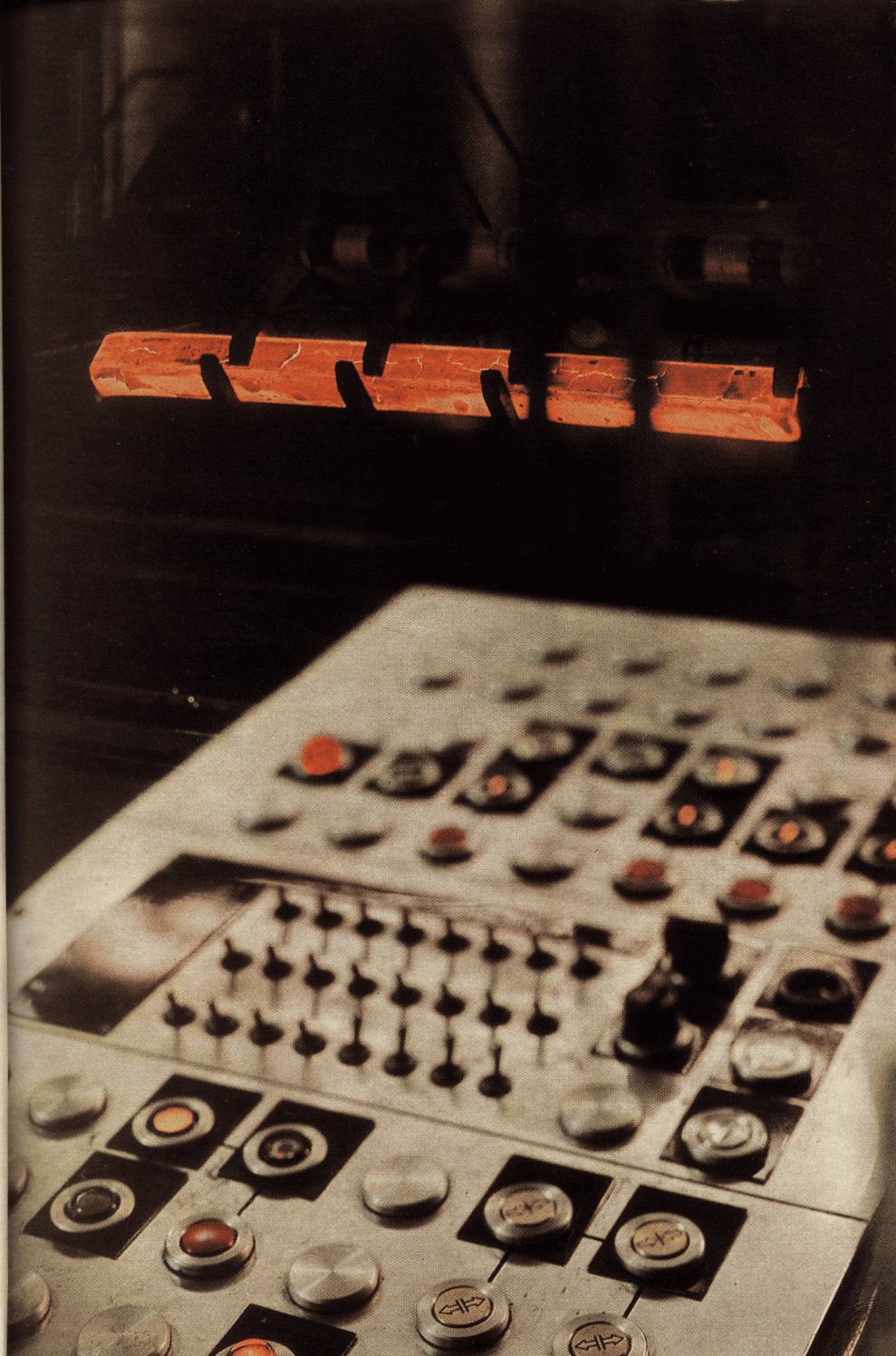
Platten mit stehender Faser zeigen dagegen in der Plattenebene keinen Richtungseffekt. Eine günstige Beeinflussung der Maßänderung kann für diesen Fall durch Übergang von Öl- auf Warmbad- oder Lufthärtung erfolgen. Ansonsten gelten die gleichen Regeln wie für Platten mit liegender Faser.

Durch Anlassen im Temperaturbereich bis 450 °C werden alle Maße etwas verkleinert.

Verglichen mit den niedrig- und mittellegierten Ölhärtern weisen die ledeburitischen Stähle 165 CrMoWV 46, 210 Cr 46, 210 CrW 46 und X 125 WMo 6.5 insgesamt die geringste Maßänderung auf.

3.4. Härte- und Festigkeitswerte

Die Härte- und Festigkeitseigenschaften nach der Wärmebehandlung sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.



Neophot 2

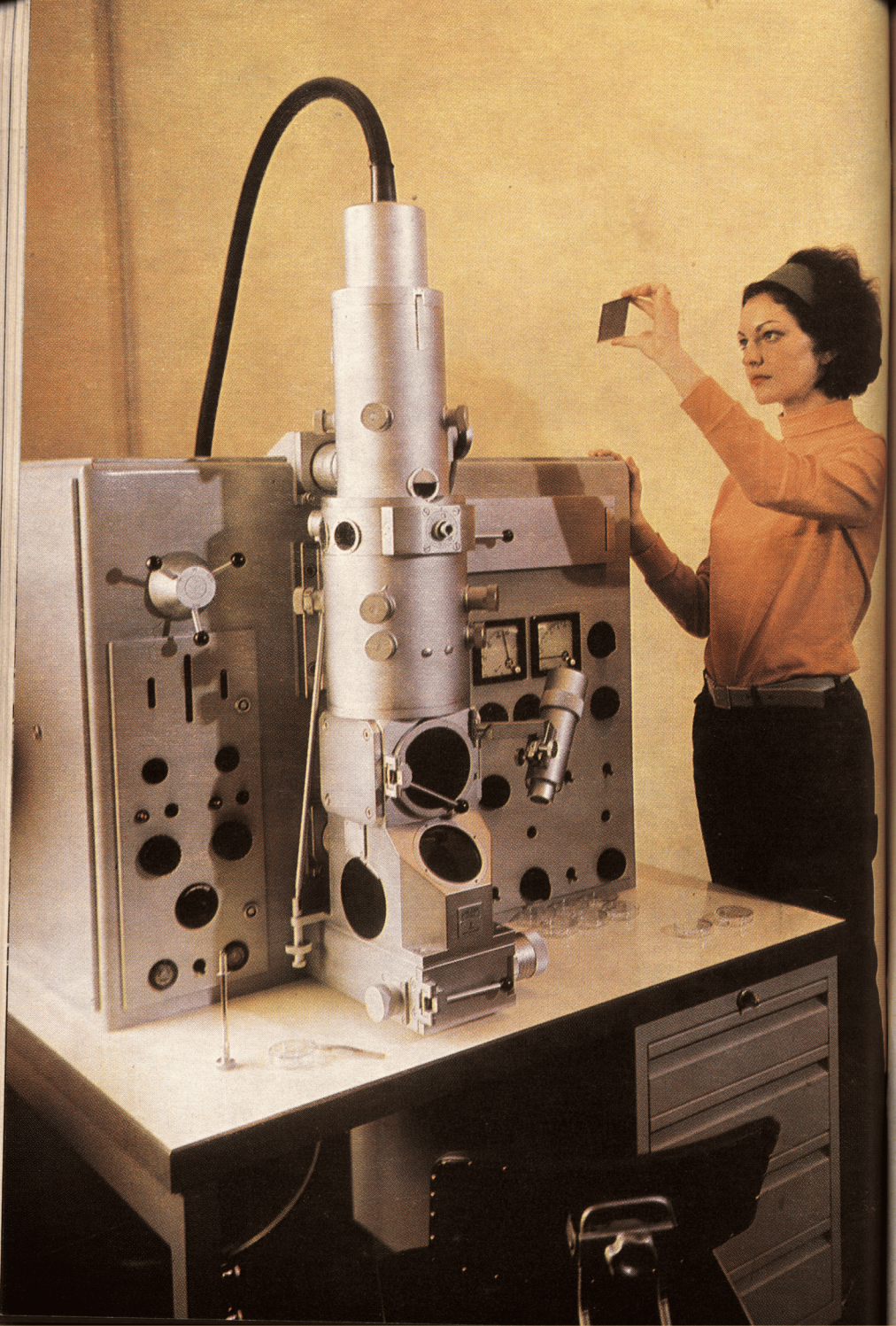


Tabelle 3

Stahlmarke	Weichglüh-temperatur °C	Brinell-härte HB	Härtetemperatur beim Härten in			n. dem Härten	Oberflächenhärte nach dem Anlassen bei				
			Wasser	Öl °C	Luft		100	200	300 HRC	400	500 °C
31 CrV 3	720 bis 750	220	820 bis 850	—	—	53	53	51	47	43	—
40 NiCrMo 15	630 bis 660	265	—	840 bis 870	840 bis 870	54	54	52	48	44	—
X 40 Cr 13	750 bis 800	225	—	1000 bis 1050	1000 bis 1050	55	55	52	50	—	—
45 CrSiV 6	720 bis 750	230	—	890 bis 920	—	58	58	56	54	51	—
45 WCrV 7	720 bis 750	230	—	890 bis 920	—	57	57	56	53	52	—
50 NiCr 13	620 bis 650	250	—	840 bis 870	840 bis 870	58	58	56	52	48	—
60 WCrV 7	720 bis 750	230	—	870 bis 900	—	60	60	59	56	53	—
67 SiCr 5	720 bis 750	225	—	830 bis 860	—	58	58	56	54	—	—
75 NiCr 2	700 bis 730	225	790 bis 820	—	--	65	65	63	—	—	—
80 CrV 3	760 bis 790	220	780 bis 810	800 bis 830	--	63	63	60	57	—	—
80 WCrV 8	760 bis 790	230	—	870 bis 910	--	61	61	60	58	—	—
85 Cr 1	760 bis 790	225	—	800 bis 830	—	64	64	60	56	50	—
85 WSiMo 5	720 bis 750	225	—	880 bis 910	—	63	63	62	59	—	—

Stahlmarke	Weichglüh-temperatur °C	Brinell-härte HB	Härtetemperatur beim Härten in Wasser	Öl °C	Luft	n. dem Härten	Oberflächenhärte nach dem Anlassen bei 100	200	300 HRC	400	500 °C
85 CrMo 7.2	720 bis 750	225	800 bis 830	—	—	66	66	64	—	—	—
90 MnV 8	720 bis 750	220	—	760 bis 790	—	63	63	60	56	—	—
90 SiCr 5	720 bis 750	230	—	830 bis 860	—	64	64	61	57	—	—
X 90 CrMoV 18	750 bis 850	250	—	1000 bis 1080	1000 bis 1080	58	58	55	—	—	—
100 Cr 6	760 bis 790	225	—	830 bis 860	—	64	64	61	57	—	—
100 V 3	760 bis 790	225	770 bis 880	—	—	65	65	62	57	—	—
105 WCr 6	760 bis 790	235	—	800 bis 830	—	64	64	62	57	—	—
105 MnCr 4	760 bis 790	225	—	800 bis 830	—	64	64	62	57	—	—
110 Cr 2	720 bis 750	225	—	780 bis 810	—	64	64	62	57	—	—
110 WCrV 5	760 bis 790	240	—	780 bis 810	—	64	64	62	59	—	—
110 MoV 5	760 bis 790	225	—	800 bis 830	—	63	63	62	59	—	—
115 CrV 3	760 bis 790	220	780 bis 810	800 bis 830	—	64	64	62	57	—	—
115 W 8	760 bis 790	240	—	800 bis 830	—	65	65	63	59	—	—

Stahlmarke	Weichglüh-temperatur °C	Brinell-härte HB	Härtetemperatur beim Härten in			n. dem Härten	Oberflächenhärte nach dem Anlassen bei				
			Wasser	Öl °C	Luft		100	200	300 HRC	400	500 °C
120 WV 4	760 bis 790	230	780 bis 810	—	—	66	66	62	60	—	—
125 Cr 1	760 bis 790	225	780 bis 810	—	—	65	65	62	57	—	—
125 CrSi 5	760 bis 790	240	—	830 bis 860	—	64	64	62	57	—	—
X 125 WMo 6.5	830 bis 860	290	—	980 bis 1010	980 bis 1010	66	66	63	60	59	60
135 WV 4	760 bis 790	230	770 bis 800	—	—	66	66	63	60	—	—
140 Cr 2	760 bis 790	225	750 bis 780*)	—	—	66	66	63	58	—	—
142 WV 13	810 bis 840	260	790 bis 820*)	—	—	67	67	65	60	—	—
145 CrV 6	760 bis 790	230	820 bis 850	830 bis 860	—	64	64	61	57	—	—
165 CrMoWV 46	810 bis 840	250	—	970 bis 1000	970 bis 1000	64	64	63	60	58	—
210 Cr 46	810 bis 840	250	—	930 bis 960	950 bis 980	64	64	62	60	58	54
210 CrW 46	810 bis 840	250	—	950 bis 980	950 bis 980	64	64	63	61	58	—

*) Härten in Salzwasser

Die Anlaßwerte beziehen sich auf Probenabmessungen 25 mm vkt.; Anlaßzeit 1 Stunde.

Richtlinien zur Wärmebehandlung sind dem Abschnitt 4 zu entnehmen.

4. Richtlinien für die Wärmebehandlung

4.1. Normalglühen

Werkzeugstähle können nach der Warmformgebung z. T. beträchtliche Gefügeunterschiede und grobes Korn aufweisen. Unter diesen Umständen ist es in einzelnen Fällen zweckmäßig, ein Normalglühen zur Kornverfeinerung anzuschließen. Hierzu wird das Material langsam und durchgreifend auf Normalisierungstemperatur (20 bis 40 °C oberhalb der Härtetemperatur der einzelnen Stahlmarken) erwärmt und an Luft abgekühlt. Zu hohe Temperaturen oder lange Haltezeiten sollten zwecks Unterdrückung von Grobkorn vermieden werden.

Normalglühen ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn die Umwandlung bei der Abkühlung vollständig in der Perlitstufe erfolgt, wie dies für schwach legierte Werkzeugstähle der Fall ist. Mit Hilfe der kontinuierlichen ZTU-Schaubilder lassen sich allerdings auch Möglichkeiten finden, höher legierte Stähle zu normalisieren. Die Abkühlung aus dem Austenitgebiet muß dann so langsam erfolgen, daß die Umwandlung im Perlitbereich vor sich geht.

4.2. Weichglühen

Werkzeugstähle werden vorwiegend weichgeglüht geliefert. Sie sind in diesem Zustand gut bearbeitbar und besitzen das beste Gefüge für die anschließende Härtung. Werden die Werkzeuge jedoch vom Verbraucher durch Warmformgebung hergestellt, so müssen sie anschließend weichgeglüht werden, um sie spangebend bearbeiten zu können.

Das Weichglühen bei Werkzeugstählen erfolgt im allgemeinen durch zwei- bis vierstündiges Halten auf der angegebenen Glühtemperatur (s. Abschnitt 3.4.) mit anschließender langsamer Abkühlung im Ofen.

4.3. Spannungsfreiglühen

Die Werkzeugfertigung durch spanabhebende Bearbeitung kann zu erheblichen Spannungen im Werkstück führen. Um Verzug und Härterisse bei der Wärmebehandlung zu vermeiden, wird empfohlen, formschwierige Stücke im vorbearbeiteten Zustand spannungsfrei zu glühen. Die Werkzeuge werden langsam auf 600 — 650 °C erwärmt und ein bis zwei Stunden gehalten. Abkühlung erfolgt im Ofen.

4.4. Härten

Das Härten der Werkzeuge wird im bearbeiteten Zustand durchgeführt. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Härtung sind:

Wahl des richtigen Stahls.

Genaue Einhaltung der Härtetechnologie.

Gleichmäßige Erwärmung des Stückes.

4.4.1. Vorwärmen

Die Vorwärmung hat besonders bei höher legierten Stählen mit niedriger Wärmeleitfähigkeit langsam und durchgreifend zu erfolgen. Andernfalls kann es zu Spannungen und Verzug kommen. In der Regel wird dann das gut vorgewärmte Werkstück in einen Ofen gegeben, der sich bereits auf Härtetemperatur befindet. Nur in Ausnahmefällen werden die kalten Stücke mit dem Ofen hochgeheizt.

4.4.2. Halten auf Härtetemperatur

Nachdem das Werkstück völlig durchgewärmt ist, beginnt die Haltezeit. Die Dauer des Haltens auf Härtetemperatur muß zumindest so lange währen, bis der austenitische Zustand erreicht ist. Komplizierte Werkstücke mit starken Querschnittschwankungen sollten von der unteren, einfach geformte von der oberen Härtetemperatur abgekühlt werden. Die Haltezeiten sind im erstgenannten Fall länger als im letztgenannten zu wählen. Zusätzlich ist bei sehr unterschiedlichen Querschnittformen zu empfehlen, das Werkzeug mehrmals aus dem Ofen zu nehmen, um die dünneren Querschnitte etwas abkühlen zu lassen. Dadurch vermeidet man eine Überzeitung der dünnen Teile.

Niedrig legierte Stähle sind zur Vermeidung von Kornwachstum nach kurzer Haltezeit abzulöschen. Hochlegierte, karbidreiche Stähle bedürfen längerer Haltezeiten, um eine ausreichende Karbidlöslichkeit zu gewährleisten. Haltezeit und Härtetemperatur stehn hinsichtlich ihres Einflusses auf die Auflösung der Sonderkarbide in Wechselwirkung. Es ist jedoch stets zweckmäßig, eine etwas längere Haltezeit bei niedrigerer Härtetemperatur zu wählen.

Als Anhaltswerte können dienen:

Niedrig legierte Stähle 5 bis 10 Minuten,

hoch legierte ledeburitische Stähle mindestens 20 Minuten Haltezeit.

4.4.3. Härtetemperatur

Die günstigste Härtetemperatur ist gegeben, wenn neben der vollen Härte möglichst feines Härtegefüge entsteht. Je nach Werkstückform und -abmessung sind die oben genannten Hinweise zu beachten.

Von Wichtigkeit ist die Temperaturüberwachung der Härteöfen und -bäder. Besonders vorteilhaft sind diesbezüglich Salzbäder. Sie gewährleisten gleichmäßige Temperaturverteilung und Einhaltung enger Temperaturgrenzen, die zu nur geringen Streuungen der Härtewerte führen. Eine Entkohlung der Oberfläche findet praktisch nicht statt.

Falls keine Salzbäder oder Öfen mit Schutzgasatmosphäre zur Verfügung stehen, ist für einen ausreichenden Schutz vor Entkohlung und Verzunderung zu sorgen. Die Werkzeuge können entweder durch Schutzpaste (Talkum) abgedeckt werden oder sind in Kästen zu verpacken, wobei als Schutzmittel Holzkohle, abgesiebte Gußeisenspäne oder staubfrei „ausgebrannter" Koks Anwendung finden. Auch unbedrucktes Papier kann als Verpackungsmaterial verwendet werden.

4.4.4. Abkühlmedium

Um die bei der Härtung von Stahl entstehenden unvermeidlichen Spannungen und somit auch Maßänderung und Rißgefahr möglichst klein zu halten, sollte die Abkühlwirkung des Ablöschmittels nicht größer sein als für die Erzielung der gewünschten Härte unbedingt notwendig.

Als Abkühlmittel werden verwendet: Wasser, wässrige Lösungen, Öle, Salze, Lufa. Wasser oder Salzwasser sollte eine Temperatur von 20 — 30 °C aufweisen. Zur Erhöhung der Abkühlwirkung kann im Bedarfsfall 5 Prozent NaOH oder 10 Prozent Kochsalz von Nutzen sein. Bei Ölhärtung liegt die beste Abschreckwirkung bei 50 °C. Werkzeuge, die nur an bestimmten Flächen gehärtet werden, schreckt man im Wassersprudel oder Wasserstrahl ab. Für schwierige Formen ist bei Wasserhärtung gebrochene Härtung zu empfehlen (siehe nächster Abschnitt). Die Härterißgefahr nimmt von Wasser über Öl nach Luft ab. In jedem Fall ist das Werkzeug im Abschreckmittel zu bewegen. Die Menge des Abschreckmittels muß stets so groß sein, daß keine nennenswerte Erwärmung während des Abkühlens auftritt. Die Werkzeuge sollten in handwarmem Zustand dem Wasser oder Öl entnommen und sofort angelassen werden.

4.4.5. Abarten der Abschreckhärtung

4.4.5.1. Warmbadhärtung

Die Warmbadhärtung bietet den Vorteil verringerter Maßänderung und schwächeren Verzugs sowie Beseitigung der Härterißgefahr durch Absenken der Wärmespannungen. Die Gesamtspannungen sind bei der Warmbadhärtung etwa um die Hälfte kleiner als bei normaler Härtung. Besonders höher legierte Schnittstähle werden erfolgversprechend nach dieser Methode behandelt. Man geht zweckmäßigerweise wie folgt vor:

1. Halten auf Härtetemperatur.
2. Abschrecken im Salzbad, dessen Temperatur in einem umwandlungsträgen Bereich oberhalb des Martensitpunktes liegt. Bei niedriglegierten Stählen liegt die Temperatur zwischen 200 und 250 °C. Hochlegierte Stähle können jedoch bereits bei 450 bis 500 °C Badtemperatur behandelt werden. Genaue Angaben sind den jeweiligen ZTU-Schaubildern zu entnehmen.
3. Halten im Bad bis zum völligen Temperaturausgleich.
4. Abkühlen an ruhiger Luft auf Raumtemperatur.

4.4.5.2. Gebrochene Härtung

Bei der gebrochenen Härtung wird das auf Härtetemperatur erwärmte Werkzeug zunächst bis zum Verschwinden der dunklen Rotglut im Wasser abgeschreckt, um anschließend in Öl völlig abzukühlen. Stähle sehr hoher Härtbarkeit können auch in Öl bis auf die gewünschte Oberflächentemperatur abgekühlt werden und anschließend an Luft erkalten.

4.5. Anlassen

Die Werkzeuge sollten unmittelbar nach dem Abschrecken angelassen werden. Durch Anlassen erfolgt ein Abbau der inneren Spannungen sowie eine Zähigkeitssteigerung infolge Gefügeumwandlungen. Das Anlassen geschieht im Luftumwälzofen, Ölbad oder Salzbad. Ziel des Anlassens ist es, ein optimales Verhältnis von Arbeitshärte und Zähigkeit zu erreichen.

Kaltarbeitsstähle werden nahezu ausschließlich im Temperaturbereich zwischen 150 und 350 °C angelassen, wobei die Werkzeugbeanspruchung die Anlaßtemperatur bestimmt.

Die volle Wirkung des Anlassens kann nur erzielt werden, wenn die Anlaßzeit ausreichend bemessen ist. Sie wird von der Materialstärke bestimmt und beträgt je 25 mm Materialstärke mindestens eine Stunde. Beim Anlassen auf „Farbe" ist zu beachten, daß nicht nur die Oberfläche, sondern der ganze Querschnitt sich auf Anlaßtemperatur befindet. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß bei höher legierten Stählen die entsprechenden Anlaßfarben erst bei höheren Temperaturen auftreten als sonst.

Die in Tabelle 3 angegebenen Anlaßhärtewerte sind als Richtwerte zu betrachten und unterliegen naturgemäß gewissen Streuungen, etwa in den Grenzen $\pm$ 2 HRC.

4.6. Nitrieren

Das Nitrieren von Kaltarbeitsstählen kann bei bestimmten Anwendungsfällen zur Steigerung der Werkzeugstandzeit führen, da Verschleißwiderstand und Festigkeit der Oberfläche heraufgesetzt werden. Die Nitrierschicht kann außerdem die Gefahr des Aufschweißens mancher Metalle an den Werkzeugen verhindern.

Zweckmäßigerweise sollten nur solche Werkzeuge nitriert werden, die keinen schlagartigen Belastungen ausgesetzt sind, da andererseits mit dem Ausplatzen der spröden Nitrierschicht zu rechnen ist.

Hinsichtlich der nitrierbaren Stähle sind gewisse Einschränkungen gegeben. Da die Nitriertemperatur bei 500 bis 560 °C liegt, weist der Grundstoff die dieser Temperatur entsprechende „Anlaßhärte" auf. Es ist demnach nur sinnvoll, solche Stähle zu nitrieren, die in diesem Temperaturbereich noch eine ausreichende Härte besitzen. Als Beispiele sind die ledeburitischen Chromstähle sowie der Stahl X 125 WMo 6.5 zu nennen.

Die Werkzeuge werden nach dem Härten und Anlassen in geeigneten Salzbädern nitriert, Gasnitrieren ist weniger üblich.

Nach der Nitrierbehandlung dürfen die Werkzeuge keiner weiteren Oberflächenbehandlung, wie Schleifen oder Schmirgeln, unterworfen werden, da die Nitrierschichttiefe nur wenige hundertstel Millimeter beträgt.

5. Bearbeitbarkeit

5.1. Warmformgebung

Zur Warmformgebung — Schmieden oder Walzen —, die beim Stahlverarbeiter vorgenommen wird, erwärmt man die Werkstücke langsam auf die in Tabelle 4 angegebene Warmformgebungstemperatur. Da die Wärmeleitfähigkeit mit zunehmenden Legierungsgehalten im allgemeinen sinkt, muß daher das Erwärmen hochlegierter Stähle besonders langsam und vorsichtig erfolgen, weil sonst bereits bei der Erwärmung Rißgefahr besteht. Es empfiehlt sich, die Werkstücke zunächst langsam auf 800 bis 850 °C (Hellrotglut) durchgreifend vorzuwärmen und dann rasch auf die für die einzelnen Marken angegebene Warmformgebungstemperatur zu bringen. Überhitzen des Stahles wie auch zu langes Halten auf Warmformgebungstemperatur muß ebenfalls vermieden werden. Bei der Warmformgebung ist die für die betreffende Stahlmarke vorgeschriebene Temperaturgrenze sorgfältig einzuhalten. Die Anfangstemperatur ist so zu wählen, daß die Formgebung nahe der unteren Temperaturgrenze beendet wird. Ist sie bereits erreicht, bevor die Warmformgebung beendet ist, so sind die Stücke nur so hoch nachzuwärmen, daß die Endformung bei der vorgeschriebenen unteren Temperaturgrenze erfolgen kann. Endformung bei zu hoher Temperatur verursacht Grobkörnigkeit und Sprödigkeit, was sich beim späteren Härten der Werkzeuge insofern nachteilig auswirken kann, als Rißbildung auftritt oder die Leistung der Werkzeuge geringer ist. Das Unterschreiten der Warmformgebungstemperatur kann — besonders bei den höher legierten Stählen — zu Rissen im Material führen. Hochlegierte Werkzeugstähle sind selbst bei hohen Temperaturen nur schwer verformbar. Deshalb muß am Anfang nur mit geringer Abnahme gearbeitet werden. Die Abkühlung der legierten Werkzeugstähle erfolgt vorteilhaft im Ausgleichsofen, trockenem heißen Sand oder in Abkühlbehältern.

Tabelle 4: Warmformgebungstemperatur legierter Kaltarbeitsstähle

Stahlmarke	Warmformgebungstemperatur in °C
X 40 Cr 13	1100 — 800
X 90 CrMoV 18	1100 — 850
X 125 WMo 6.5	1040 — 900
alle übrigen Kaltarbeitsstähle nach Tabelle 1	1050 — 850

5.2. Spanabhebende Bearbeitung

Nach der Warmformgebung und dem Weichglühen ist die Oberfläche des Materials verzundert und entkohlt. Um beim Härten auch an der Oberfläche eine gute Härteannahme zu sichern, muß diese Oberflächenschicht abgearbeitet werden.

Die erforderlichen, bei der Bestellung zu berücksichtigenden Bearbeitungszugaben zum Fertigmaß können den entsprechenden TGL entnommen werden.

Ganz besonders sei auf die Notwendigkeit einer einwandfreien konstruktiven Gestaltung hingewiesen. Scharfe Querschnittübergänge, Drehriefen oder eingeschlagene Kennzeichen können zu Spannungsspitzen und dadurch zum Reißen des Materials führen. Hohlkehlen und Abrundungen schaffen günstigere Bedingungen.

5.3. Schleifen

Um den gehärteten Werkzeugen die richtige Schneidenform und -schärfe zu geben, werden sie geschliffen. Die hohen Arbeitsgeschwindigkeiten moderner Schleifmaschinen können eine beträchtliche Erwärmung der Werkstückoberfläche hervorrufen. Diese hohen Temperaturen, die über 1000 °C erreichen können, führen zu Spannungsrissen und einer weichen Schleifhaut.

Dem Arbeitsgang „Schleifen" muß aus diesem Grund ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Schleifrisse entstehen auch durch den Einsatz ungeeigneter Scheiben. Es sollte hier die Grundregel

- für weichen Stahl harte Scheiben
- für harten Stahl weiche Scheiben

beachtet werden. Für den Grobschliff sind grobkörnige, für den Feinschliff feinkörnige zu empfehlen. Auch der Umlaufgeschwindigkeit der Scheiben ist Bedeutung beizumessen. Zu hohe Umdrehungszahlen neigen zum „Brennen". Oft ist es sinnvoll, die Umdrehungszahlen zu verringern und dafür den Vorschub zu erhöhen.

Gehärtete Werkzeuge, für die ein sauberer Schliff notwendig ist, müssen unter reichlicher Wasserkühlung geschliffen werden. Zur Kühlung sollen möglichst keine seifenartigen Kühlmittel verwendet werden. Es empfiehlt sich hingegen Verwendung von Schleifemulsion. Eine einwandfreie Kühlung ist nur dann gewährleistet, wenn das Kühlmittel ohne Druck die Berührungsstelle von Schleifscheibe und Werkzeug überflutet.

Die Qualität des Schleifens ist sofort an der geschliffenen Fläche zu sehen. Zeigt sie eine gelbliche bis bräunliche Farbe, so ist meist mit zu tiefem Span, also zu heiß, geschliffen worden. Weisen gehärtete Werkzeuge solche Flächen auf, so ist die Oberfläche an diesen Stellen durch das Schleifen angelassen, also weich geworden. Oft weist eine solche Oberfläche auch Schleifrisse auf, die durch leichtes Anätzen mit schwachen Säuren deutlich sichtbar werden.

6. Anwendungsbeispiele

(alphabetisch geordnet)

Die nachstehend angeführten Anwendungsbeispiele der Kaltarbeitsstähle sollen nur als allgemeine Richtlinien betrachtet werden. Je nach den erforderlichen Leistungen, den betrieblichen Verhältnissen, den Möglichkeiten für einwandfreie Wärmebehandlung usw. können verschiedene Stahlmarken eingesetzt werden (auch die in diesem Prospekt nicht beschriebenen Warmarbeits-, Schnellarbeits- und unlegierten Werkzeugstähle).

Die Marken sind in der Reihenfolge so geordnet, daß die Stähle höchster Leistung an erster Stelle und die billigeren, legierungsärmeren Stähle an letzter Stelle stehen.

Bei der Stahlauswahl sollte man jedoch so vorgehen, daß die hochlegierten und teuren Stähle erst eingesetzt werden, wenn die billigeren Stähle unwirtschaftlich sind bzw. versagen.

In Zweifelsfällen sind die Fachkräfte aus dem Edelstahlwerk Freital und der Stahlberatungsstelle Freiberg gern bereit, bei der Stahlauswahl Unterstützung zu geben.

Abbauwerkzeuge

45 WCrV 7
67 SiCr 5
100 V 3
C 80 W 2
C 70 W 2

Abgratwerkzeuge (Kaltarbeit)

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
145 CrV 6
C 80 W 2
210 Cr 46
90 MnV 8
C 70 W 2

Abscherringe (Metallstrangpressen)

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
165 CrMoWV 46

Abschrotstöckel

45 WCrV 7
C 70 W 2

Amboßgesenke und -kerne

45 WCrV 7	C 80 W 2 C 70 W 2

Anbohrer

B 18	ABC II
115 Cr 3	C 115 W 1 C 100 W 1

Anreißwerkzeuge

C 100 W 2	C 90 W 2 C 70 W 2

Anspitzwalzen

210 Cr 46	56 NiCrMoV 7.4 100 Cr 6

Aufspanndorne

C 90 W 2	C 70 W 2

Auftreibdorne (Kaltarbeit)

60 WCrV 7	45 WCrV 7
C 115 W 1	C 80 W 2

Auftreibdorne (Warmarbeit)

28 CrMoV 11.28	45 WCrV 7 45 CrSiV 6

Ausstechstähle

E 18 Co 5	EV 4 Co

Auswerfdorne und Stifte (Kunststoffpreßformen)

45 WCrV 7	C 70 W 2

Auswerfdorne und Stifte (Schrauben- und Nietefertigung)

60 WCrV 7	45 CrSiV 6
115 CrV 3	C 100 W 1

Auswerfdorne (Druckgußformen)

30 WCrV 15	45 CrSiV 6

Backen zur Drahtstiftfertigung

100 V 3	85 Cr 1

Bandsägen (Holz)

67 SiCr 5	C 130 W 2 C 85 WS

Bandsägen (Metall)

110 MoV 5	120 WV 4 C 110 W 2

Besteckstanzen

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13 55 NiCrMoV 6

Biegestanzen (Kaltarbeit)

X 125 WMo 6.5	100 Cr 6
165 CrMoWV 46	C 100 W 2
45 WCrV 7	C 70 W 2

Biegewerkzeuge

100 Cr 6	45 WCrV 7
C 90 W 2	C 70 W 2

Bijouteriegesenke

50 NiCr 13	90 MnV 8 C 100 W 2

Bildhauerwerkzeuge (Holz)

100 V 3	C 120 W 2
C 80 W 2	C 60 W 3

Bildhauerwerkzeuge (Stein)

140 Cr 2	120 WV 4
C 130 W 2	C 100 W 2

Blechlehren

100 Cr 6	85 Cr 1

Blechscheren

105 WCr 6
C 90 W 2
C 70 W 2

Blechscherenmesser (Grobbleche)

60 WCrV 7
45 CrSiV 6
45 WCrV 7
67 SiCr 5

Blechscherenmesser (Feinbleche)

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
165 CrMoWV 46

Blechstanzen

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
67 SiCr 5
90 MnV 8
C 100 W 1

Bleikabelpreßwerkzeuge

30 WCrV 34.11
45 CrMoV 6.7
30 WCrV 17.9
40 CrMnMo 7
50 NiCr 13

Bleiploßmatrizen

210 Cr 46
165 CrMoWV 46

Bleirohrmatrizen

30 WCrV 15
45 WCrV 7

Blockbandsägen

85 Cr 1
C 85 WS

Bördeleisen

60 WCrV 7
45 WCrV 7
C 100 W 2

Bohrer für Gestein

siehe Gesteinsbohrer

Bohrer für Glas

B 18
142 WV 13
210 Cr 46
140 Cr 2

Bohrer für Holz (Handarbeit)

105 WCr 6
C 110 W 2
120 WV 4
C 80 W 2
C 45

Bohrer für Holz (Maschinenarbeit)

B 18
60 WCrV 7
ABC II
C 110 W 1

Bohrer für Kunststoffe

EV 4
D
120 WV 4

Bohrer für NE-Metalle

E 18 Co 5
X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
DMo 5
125 CrSi 5
C 120 W 2

Bohrkronen

E 18 Co 5
C 100 W 2
210 Cr 46
C 70 W 2

Chirurgische Messer

X 40 Cr 13
120 WV 4
C 130 W 2

Chirurgische Instrumente

X 40 Cr 13
X 20 Cr 13
C 55 WS

Dicktenhobelmesser

110 WCrV 5
100 V 3
105 WCr 6
60 WCrV 7

Döpper (Preßluft)

45 WCrV 7
C 80 W 2
45 CrSiV 6
C 75 W 3

Dorne für Bleirohrpressen

28 CrMoV 11.28
45 WCrV 7

Drahtstiftbacken s. Backen

Drahtstiftkopfstempel

165 CrMoWV 46	100 V 3
	C 110 W 1

Drehdorne

100 Cr 6	C 120 W 2
C 80 W 2	C 70 W 2

Drehmesser für nichtmetallische Werkstoffe (Marmor, Kunststoffe, Horn, Papier)

EV 4 Co	210 Cr 46
X 125 WMo 6.5	142 WV 13

Drehmesser für Holz

210 Cr 46	60 WCrV 7
125 CrSi 5	100 Cr 6
	C 130 W 2

Druckmeßbügel

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13

Druckwerkzeuge für Blechbearbeitung

145 CrV 6	100 Cr 6
140 Cr 2	C 100 W 2

Durchschläge (Kaltarbeit)

60 WCrV 7	45 WCrV 7
45 CrSiV 6	67 SiCr 5
C 120 W 2	C 80 W 2

Durchschläge (Warmarbeit)

60 WCrV 7	45 CrMoV 6.7
30 WCrV 15	C 75 W 3

Durchziehmatrizen (Näpfchenzug)

142 WV 13	115 CrV 3
100 V 3	C 100 W 1

Dynamoschnitte

X 125 WMo 6.5	210 Cr 46
210 CrW 46	165 CrMoWV 46

Edelmetallwalzen

142 WV 13
115 CrV 3
C 100 W 1

Einsenkstempel (Pfaffen)

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
165 CrMoWV 46
50 NiCr 13
90 MnV 8
C 100 W 2

Endmaße

145 CrV 6
90 MnV 8
100 Cr 6
C 100 W 1

Falz- und Biegerollen

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
100 Cr 6
145 CrV 6
C 120 W 2

Falzmesser

B 18
145 CrV 6
C 100 W 2
210 Cr 46
67 SiCr 5
C 80 W 2

Fassonfräser

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
120 WV 4
145 CrV 6

Fassonhobelmesser

60 WCrV 7
C 120 W 2

Feilen aller Art

140 Cr 2
125 Cr 1
C 130 W 2

Feilen (Härteprüf-)

142 WV 13
140 Cr 2

Feilengesenke

45 CrVMoW 5.8
56 NiCrMoV 7.4
45 WCrV 7
C 80 W 2

Feilenhauermeißel (Hand)

B 18
C 120 W 2
120 WV 4
C 100 W 1

Feilenhauermeißel (Maschine)

E 18 Co 10
B 18
E 18 Co 5
ABC II
X 125 WMo 6.5
210 CrW 46

Feilenwalzsegmente

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
40 NiCrMo 15
45 WCrV 7

Feilscheiben

EV 4
140 Cr 2
145 CrV 6
125 Cr 1
C 130 W 2

Flachmeißel

45 WCrV 7
C 100 W 2
C 80 W 2

Fleischerbeile (Plötzen)

45 WCrV 7
C 80 W 2
45 CrSiV 6
50 CrV 4

Fleischmaschinenmesser

X 90 CrMoV 18
100 Cr 6
X 40 Cr 13
C 90 W 2

Fließpreßmatrizen

X 125 WMO 6.5
165 CrMoWV 46
50 NiCr 13
40 NiCrMo 15
100 V 3

Fließpreßwerkzeuge

X 125 WMO 6.5
210 Cr 46
125 Cr 1
100 Cr 6
60 WCrV 7
100 V 3

Fräser für Stahl und Metall

E 18 Co 10
DMo 5
120 WV 4

E 18 Co 5
ABC III
90 MnV 8

Fräser für Holz

ABC II
125 CrSi 5
60 WCrV 7

210 Cr 46
90 MnV 8
C 120 W 2
C 90 W 2

Fräser für Kunststoffe

EV 4 Co
145 CrV 6

EV 4
105 WCr 6

Fräskettenzähne

B 18
105 MnCr 4

60 WCrV 7
C 100 W 1
C 90 W 2

Fräsmesser für Metalle

ABC II
145 CrV 6
120 WV 4

ABC III
125 CrSi 5
140 Cr 2

Fräsmesser für Holz

ABC II
60 WCrV 7

165 CrMoWV 46
C 120 W 2
C 90 W 2

Fräsmaschinen-Körner

C 100 W 2

C 80 W 2

Furnierhobelmesser

ABC II
60 WCrV 7

210 Cr 46
C 100 W 2

Furnierschneidemesser

60 WCrV 7

67 SiCr 5
C 110 W 1

Gatterkreissägen

80 CrV 3
C 85 WS

Gattersägeblätter

80 CrV 3
C 85 WS

Geschirrstanzen

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
90 MnV 8
145 CrV 6
C 80 W 2

Gesenke für Luft- und Ölhärtung

40 NiCrMo 15
38 CrMoV 21.14
56 NiCrMoV 7.4
40 CrMnMo 7

Gewehrlaufbohrer

EV 4 Co
DMo 5
EV 4
142 WCrV 13

Gewindebohrer (Maschine)

E 18 Co 5
105 WCr 6
125 CrSi 5
DMo 5
145 CrV 6
C 110 W 1

Gewindebohrer (Hand)

135 WV 4
90 MnV 8
105 WCr 6
120 WV 4
C 110 W 1

Gewindefräser

E 18 Co 5
DMo 5
135 WV 4
EV 4
ABC II
90 MnV 8
C 110 W 1

Gewindeschneideisen und -backen

ABC II
90 MnV 8
105 WCr 6
100 Cr 6
C 100 W 1

Gewindewalz- und -vollbacken

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
105 WCr 6
165 CrMoWV 46
90 MnV 8

Gewindestrehler

EV 4
135 WV 4
ABC II
90 MnV 8

Glasbohrer und -messer

EV 4
140 Cr 2
142 WV 13
C 130 W 2

Grabstichel

140 Cr 2
C 130 W 2

Gravierwerkzeuge

142 WV 13
115 CrV 3
140 Cr 2
C 130 W 2

Gummidrehmesser

EV 4
142 WV 13

Gummipreßformen

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
90 MnV 8
145 CrV 6
C 100 W 2

Gummischneidmesser

210 Cr 46
145 CrV 6
C 100 W 1

Gußputzmeißel

60 WCrV 7
C 120 W 2
45 WCrV 7
C 100 W 2

Haarschneidemaschinenmesser

105 MnCr 4
C 100 W 2

Hackmesser (Holz)

60 WCrV 7
C 70 W 2

Hackmesser (Fleisch)

X 40 Cr 13	C 100 W 1
	C 80 W 2

Hammerkerne

210 Cr 46	C 90 W 2
	C 70 W 2

Hammersättel

45 WCrV 7	C 70 W 2
C 75 W 3	50 CrV 4

Handmeißel

45 WCrV 7	C 100 W 2
45 CrSiV 6	C 70 W 2

Handsägen für Metalle

D	120 WV 4
110 MoV 5	C 90 W 2

Handschaber

142 WV 13	145 CrV 6
	C 120 W 2

Hobeleisen für Holz

120 WV 4	C 120 W 2
	C 90 W 2

Hohlprägegesenke

50 NiCr 13	60 WCrV 7
100 V 3	C 90 W 2

Hohlprägematrizen

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13
100 V 3	C 70 W 2

Hohlprägestanzen

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13
	C 100 W 2

Holzbandsägen

67 SiCr 5
C 130 W 2
85 Cr 1
C 85 WS

Holzbearbeitungswerkzeuge aller Art

B 18
X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
120 WV 4
67 SiCr 5
ABC II
165 CrMoWV 46
125 CrSi 5
C 60 W 3

Holzbohrer siehe Bohrer

Holzdrehmesser siehe Drehmesser

Holzfräser siehe Fräser

Holzfräsmesser siehe Fräsmesser

Holzkreissägen

80 CrV 3
C 90 W 2
C 85 WS

Holzschälmesser

ABC II
60 WCrV 7
67 SiCr 5

Holzspaltmesser

45 WCrV 7
C 100 W 2
C 80 W 2

Jagdmesser

X 40 Cr 13
C 100 W 2
C 75 W 3

Kaliber

145 CrV 6
100 Cr 6
90 MnV 8
C 15

Kaliberdorne

165 CrMoWV 46
C 120 W 2
90 MnV 8
C 15

Kaltabgratwerkzeuge siehe Abgratwerkzeuge

Kalteinsenkstempel siehe Einsenkstempel

Kaltkreissägen

ABC II	120 WV 4
100 Cr 6	C 100 W 2

Kaltlochmatrizen siehe Lochmatrizen

Kaltlochstempel

60 WCrV 7	45 WCrV 7
45 CrSiV 6	C 100 W 2

Kaltpilgerdorne

210 Cr 46	100 Cr 6

Kaltprägewerkzeuge

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13
100 V 3	C 100 W 1

Kaltschlagwerkzeuge

100 V 3	C 110 W 1
	C 100 W 1

Kaltwalzen

85 CrMo 7.2	100 Cr 6
	115 CrV 3

Kaltziehmatrizen siehe Ziehmatrizen

Kaltziehringe siehe Ziehringe

Kehlhobelmesser

60 WCrV 7	C 90 W 2

Kettensägen

80 CrV 3	125 CrSi 5

Kettenzähne

80 CrV 3	85 Cr 1

Knüppelscherenmesser

45 WCrV 7	67 SiCr 5

Kolben für Preßluftwerkzeuge

60 WCrV 7	100 V 3

Kopfstempel für Schrauben-, Muttern- und Nietenerzeugung

50 WCrV 7	120 WV 4
100 V 3	C 100 W 1

Kreisscherenmesser siehe Scherenmesser

Langlochbohrer

210 Cr 46	115 CrV 3
120 WV 4	C 80 W 2

Langlochfräser

B 18	210 Cr 46
120 WV 4	125 CrSi 5

Lederbearbeitungswerkzeuge

210 Cr 46	145 CrV 6
C 100 W 1	C 80 W 2

Lehren

145 CrV 6	90 MnV 8
100 Cr 6	C 15

Leichtmetallschnitte

60 WCrV 7	67 SiCr 5

Lineale

90 MnV 8	100 Cr 6
	C 70 W 2

Lochdorne (Kaltarbeit)

60 WCrV 7	45 CrSiV 6
C 120 W 2	C 75 W 3

Lochmatrizen (Kaltarbeit)

165 CrMoV 46	60 WCrV 7
45 CrSiV 6	C 80 W 2
C 100 W 1	

Markierstempel (warm)

30 WCrV 15	60 WCrV 7
	45 WCrV 7

Markierstempel (kalt)

142 WV 13	100 V 3
C 100 W 1	C 70 W 2

Marmorbohrer

142 WV 13	C 130 W 2
	C 110 W 1

Massivprägewerkzeuge

40 NiCrMo 15	50 NiCr 13
	55 NiCrMoV 6

Matrizen und Sägezahnstanzen

210 Cr 46	90 MnV 8
C 100 W 1	C 80 W 2

Medaillenstempel

50 NiCr 13	90 MnV 8
100 V 3	C 100 W 1

Messerwaren aller Art

X 40 Cr 13	C 100 W 1
	C 80 W 2

Meßwerkzeuge

210 Cr 46	145 CrV 6
100 Cr 6	100 V 3
C 100 W 1	C 15

Metallbandsägen

120 WV 4	110 MoV 5
	115 CrV 3

Metallglättwalzen

115 CrV 3
C 100 W 1

Metallkreissägen

DMo 5
110 WCrV 5
ABC III
120 WV 4

Metallsägeblätter

210 Cr 46
120 WV 4
115 CrV 3

Münzstempel

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
40 NiCrMo 15
165 CrMoWV 46
100 V 3
C 100 W 1

Nadelfeilen

142 WV 13
140 Cr 2

Nietendöpper und -quetscher

45 WCrV 7
45 CrSiV 6
C 80 W 2

Nutenmesser (Holz)

210 Cr 46
90 MnV 8
60 WCrV 7
C 100 W 2

Papiermesser

120 WV 4
C 120 W 2
105 WCr 6
C 100 W 1

Papierstanzen

60 WCrV 7
120 WV 4
67 SiCr 5
C 100 W 2
C 70 W 2

Pastillenstempel und -matrizen

X 40 Cr 13
100 Cr 6
210 Cr 46
C 100 W 1

Perforierblechstempel

60 WCrV 7
67 SiCr 5
C 100 W 1

Pfaffen

165 CrMoWV 46
210 Cr 46
50 NiCr 13
165 CrMoV 46
100 V 3

Porzellanbohrer

EV 4
142 WV 13

Porzellanpreßformen

X 125 WMo 6.5
165 CrMoWV 46
90 MnV 8
210 Cr 46
C 130 W 2

Prägewerkzeuge (kalt)

X 125 WMo 6.5
165 CrMoWV 46
55 WCrV 7
100 V 3
40 NiCrMo 15
90 MnV 8
C 100 W 1

Preßluftwerkzeuge (Döpper)

45 WCrV 7
C 80 W 2
45 CrSiV 6
C 75 W 3

Preßluftwerkzeuge (Meißel)

60 WCrV 7
45 CrSiV 6
45 WCrV 7
38 CrSi 6

Preßluftstemmer

45 WCrV 7
C 100 W 2
C 70 W 2

Preßwerkzeuge für Keramik und Kunststeine

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
210 Cr 46
165 CrMoWV 46

Preßwerkzeuge für Tabletten

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
90 MnV 8

Profilfräser

210 Cr 46	120 WV 4

Profilmesser

210 Cr 46	120 WV 4

Prüffeilen

142 WV 13	145 CrV 6

Rändelrollen

140 Cr 2	C 100 W 1 C 90 W 2

Randierrädchen

142 WV 13	145 CrV 6
140 Cr 2	C 100 W 1

Rasierklingen und Rasiermesser

140 Cr 2	125 Cr 1 C 110 W 1

Räumnadeln

D	210 Cr 46
145 CrV 6	120 WV 4
105 WCr 6	C 100 W 1

Reduziermatrizen

142 WV 13	140 Cr 2
100 V 3	C 100 W 1

Reibahlen (Hand)

142 WV 13	105 WCr 6
120 WV 4	115 Cr 3
90 MnV 8	C 120 W 2
	C 100 W 1

Reibahlen (Maschine)

EV 4	ABC III
X 125 WMo 6.5	142 WV 13
210 Cr 46	

Reibahleneinsatzmesser

E 18 Co 5
X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
C 120 W 2
B 18
C 110 W 1
C 100 W 2

Richtrollen

50 NiCr 13
C 100 W 1
C 85 WS

Richtwalzen

210 Cr 46
115 CrV 3
145 CrV 6
85 CrMo 7.2

Riffelmesser

E 18 Co 5
142 WV 13

Rindenschälmesser

60 WCrV 7
85 Cr 1
105 MnCr 4
C 70 W 2

Rohrabschneidmesser

60 WCrV 7
120 WV 4
C 100 W 2

Rohrauftreibdorne

100 Cr 6
C 120 W 2
C 100 W 1

Rohrgewindewalzdorne

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
165 CrMoWV 46
C 100 W 1

Rohrziehmatrizen

210 Cr 46
140 Cr 2
142 WV 13
C 100 W 1

Rotierende Feilen

145 CrV 6
140 Cr 2

Sägezahnstanzen

210 Cr 46
90 MnV 8
C 100 W 2

Schaber

142 WV 13
140 Cr 2
145 CrV 6
C 120 W 2
C 100 W 1

Schälmesser (Holz)

210 Cr 46
60 WCrV 7
C 70 W 2

Schälmesser (Metall)

EV 4
210 Cr 46

Schermesser (Kaltarbeit)

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
55 NiCrMoV 6
67 SiCr 5
100 V 3
100 Cr 6
60 WCrV 7
45 CrSiV 6
C 80 W 2

Schienenmeißel

40 NiCrMo 15
45 WCrV 7

Schlagmatrizen

100 V 3
85 Cr 1
C 100 W 1

Schlagziffern und -buchstaben siehe Markierstempel

Schlitzfräser und -messer (Holz)

B 18
145 CrV 6
210 Cr 46
C 100 W 2
C 80 W 2

Schmiedewerkzeuge

45 WCrV 7
C 60 W 3
C 45

Schnitte und Stempel (Warmarbeit)

30 WCrV 34.11
30 WCrV 15
38 CrSi 6
30 WCrV 17.9
45 WCrV 7
45 CrSiV 6

Schnitte und Stempel (Kaltarbeit)

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
60 WCrV 7
105 WCr 6
165 CrMoWV 46
90 MnV 8
C 80 W 2

Schnitzmesser (Holz)

85 Cr 1
C 100 W 2
C 80 W 2

Schraubenschlüssel

31 CrV 3
C 45
C 35

Schrotmeißel

45 WCrV 7
C 80 W 2
45 CrSiV 6
C 70 W 2

Schrotscherenmesser

45 WCrV 7
67 SiCr 5
C 70 W 2

Senker

ABC II
105 WCr 6
142 WV 13
C 110 W 1

Setzmeißel

45 WCrV 7
C 100 W 2

Sickendorne

60 WCrV 7
C 100 W 1

Sickenrollen

210 Cr 46
C 100 W 1
145 CrV 6
C 80 W 2

Solenstanzen	
60 WCrV 7	C 60 W 3
Spannpatronen und -zangen	
67 SiCr 5	C 80 W 2 C 75 W 3
Spiralbohrer (Holz)	
ABC III 120 WV 4	60 WCrV 7 C 120 W 2 C 100 W 1
Spiralbohrer (Metall)	
DMo 5 105 MnCr 4	ABC III C 120 W 2
Spitzeisen	
45 WCrV 7 C 120 W 2	45 CrSiV 6 C 80 W 2
Spitzsenker	
210 Cr 46	120 WV 4
Stanzen siehe Schnitte	
Stehbolzengewindebohrer	
ABC II 105 WCr 6	145 CrV 6 90 MnV 8
Steinfräser	
B 18	210 Cr 46 C 120 W 2
Stemmeisen	
120 WV 4 C 120 W 2	115 CrV 3 C 80 W 2
Stemmer	
45 WCrV 7	67 SiCr 5 C 100 W 2

Stichel (Hand)

142 WV 13	140 Cr 2
	C 130 W 2

Stichel (Graviermaschine)

EV 4	142 WV 13
	C 110 W 1

Streifenhobelmesser

ABC II	210 Cr 46
60 WCrV 7	105 MnCr 4
67 SiCr 5	C 100 W 2

Stützwalzen und -mäntel

85 CrMo 7.2	100 Cr 6

Tabakschneidmesser

125 CrSi 5	105 MnCr 4
120 WV 4	C 100 W 1

Tablettenpreßwerkzeuge siehe Preßwerkzeuge

Tiefziehwerkzeuge

210 CrW 46	142 WV 13
90 MnV 8	100 V 3
	C 100 W 1

Tubenpreßwerkzeuge

X 125 WMo 6.5	90 MnV 8
210 Cr 46	C 100 W 1

Tuchschneidemesser

120 WV 4	C 100 W 1

Uhrmacherwerkzeuge

142 WV 13	120 WV 4
	C 120 W 2

Verstählte Werkzeuge

85 Cr 1	C 55 WS

Wangenpfannen und -schneiden

145 CrV 6
C 100 W 1
100 V 3
35 CrAl 6

Walzen für Edelmetalle

142 WV 13
115 CrV 3

Walzendrehmeißel

E 18 Co 10
B 18
EV 4
142 WV 13

Walzsegmente für Besteckindustrie

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
40 NiCrMo 15
C 80 W 2

Walzsegmente für Feilenindustrie

85 CrMo 7.2
100 Cr 6

Zahnbohrer

142 WV 13
145 CrV 6
120 WV 4

Zahnzangen

X 40 Cr 13
C 80 W 2

Zentrierbohrer

60 WCrV 7
115 CrV 3
C 100 W 1

Ziehdorne und -matrizen

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
145 CrV 6
125 Cr 1
105 WCr 6
142 WV 13
85 Cr 1
C 120 W 2

Ziehringe

X 125 WMo 6.5
210 Cr 46
140 Cr 2
142 WV 13
C 100 W 1

Ziehwerkzeuge zum Näpfenzug

142 WV 13
100 V 3
115 CrV 3
C 100 W 1

Ziehwerkzeuge für Drahtzug

X 125 WMo 6.5
210 CrW 46
210 Cr 46

Ziseleurwerkzeuge

142 WV 13
140 Cr 2
C 130 W 2

Zündholzmesser

ABC II
210 Cr 46
60 WCrV 7

Lieferwerke für das Prospektvorhaben „Kaltarbeitsstähle"

VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat

Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin" Hennigsdorf

Stahl- und Walzwerk Brandenburg

Edelstahlwerk 8. Mai 1945 Freital

Maxhütte Unterwellenborn

Stahl- und Walzwerk Gröditz

VEB Bandstahlkombinat

Walzwerk Finow

Walzwerk Burg

7. Nachspann

7.1. Literaturnachweis entfällt

7.2. Exporteur und Lieferwerke

Exporteur der in diesem Prospekt genannten Erzeugnisse ist die Deutsche Stahl-Metall-Handelsgesellschaft mbH

1054 Berlin, Brunnenstraße 188-190

Telefon: 42 09 20

Telex: 012 523 und 012 525

Telegrammadresse: Stahlimport

Deutsche Demokratische Republik

Die in diesem Prospekt genannten Stähle werden in folgenden Werken produziert:

7.3. Übersicht über das Herstellungsprogramm der Werke des VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat

Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florian", Hennigsdorf

1422 Hennigsdorf, Kreis Oranienburg

Telefon: Berlin 48 69 41, 48 96 11 und 48 99 96 oder Hennigsdorf 7 31

Telex: 15/8522 und 23, 015/3538

Telegrammadresse: Stahlwerk Hennigsdorf, Kreis Oranienburg

- Halbzeug, gewalzt
- Stabstahl, unbehandelt / geglüht / vergütet
- Beton- und Spannstahl
- Rundstahl in Ringen
- Blankstahl, gezogen / geschält / geschliffen / prägepoliert
- Blankstahl-Sonderprofile
- Stranggepreßte Profile
- Stahlguß
- Grauguß

Stahl- und Walzwerk Brandenburg

18 Brandenburg/Havel
Telefon: Brandenburg 61 21
Telex: 015/7622 und 23
Telegrammadresse: SWB Brandenburg/Havel

- Halbzeug, gewalzt
- Grobbleche
- Stabstahl, unbehandelt / geglüht
- Profilstahl
- Rundstahl in Ringen
- Gezogener Draht
- Kümpelteile

Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital

821 Freital/Sachsen
Telefon: Dresden 88 60
Telex: 02 8021
Telegrammadresse: Edelstahl Freital

- Halbzeug, gewalzt / geschmiedet
- Stabstahl, unbehandelt / geglüht / vergütet
- Rundstahl in Ringen
- Blankstahl, gezogen / geschält / geschliffen / prägepoliert
- Gezogener Draht
- Freiformschmiedestücke
- Kaltwalzen
- Reintitan

Maxhütte Unterwellenborn

6806 Unterwellenborn
Telefon: Saalfeld 24 41
Telex: 05 88741
Telegrammadresse: Maxhütte Unterwellenborn

- Roheisen

- Halbzeug, gewalzt
- Formstahl
- Stabstahl, unbehandelt
- Oberbaumaterial
- Freiform- und Gesenkschmiedestücke

Stahl- und Walzwerk Gröditz

8402 Gröditz bei Riesa

Telefon: Gröditz 60

Telex: 02 8821

Telegrammadresse: Stahlwerk Gröditz

- Freiformschmiedestücke
- Stahlguß
- Grauguß
- Nahtlos gewalzte Ringe, Profilringe und Radreifen
- Stranggepreßte Profile
- Tempergußfittings

Draht- und Seilwerk Rothenburg

4341 Rothenburg/Saale

Telefon: Könnern 8 20

Telex: 04 367

Telegrammadresse: Drahtwerk Rothenburg über Könnern

- Gezogener Draht
- Stahldrahtseile

Ferrolegierungswerk Lippendorf

7207 Neukieritzsch

Telefon: Neukieritzsch 70

Telex: 051 8325 und 24

Telegrammadresse: Ferrolegierung Lippendorf/Leipzig

- Ferro-Mangan
- Ferro-Chrom
- Ferro-Nickel
- Ferro-Silizium

Rationalisierungswerk Berlin

111 Berlin-Niederschönhausen

Telefon: Berlin 48 08 31

Telex: 011 2959

Telegrammadresse: Ratio Berlin

— Rationalisierungsmittel

— Präzisionsschmiedestücke

7.4. Wissenschaftlich-technisches Informationsmaterial

Prospekte des VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat

Titel:	zu beziehen durch:
Allgemeiner und höherfester Baustahl	Stahl- und Walzwerk Brandenburg
Betonstahl	Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf
Blankstahl	Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf
Blankstahl-Sonderprofile	Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf, Betrieb Ziehwerk Delitzsch
Einsatzstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Erzeugnisse des Einstichwalzwerkes	Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf, Betrieb Ziehwerk Delitzsch
Federstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Ferrolegierungen	Ferrolegierungswerk Lippendorf
Freiformschmiedestücke	Stahl- und Walzwerk Gröditz
Gezogener Stahldraht	Draht- und Seilwerk Rothenburg
Hitze- und Zunderbeständige Stähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Kaltarbeitsstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Kaltwalzen	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Komplexer Drahtseilkatalog	Draht- und Seilwerk Rothenburg
Nahtlos gewalzte Ringe, Profilringe und Radreifen	Stahl- und Walzwerk Gröditz
Nitrierstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Präzisions- und Gesenkschmiedestücke	Rationalisierungswerk Berlin
Rost- und säurebeständige Stähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital

Titel:	zu beziehen durch:
Schnellarbeitsstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Stähle für Flammen- und Induktionshärtung	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Stähle für Kunststofformen	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Stahlguß und Grauguß	Stahl- und Walzwerk Gröditz
Stranggepreßte Profile	Stahl- und Walzwerk Gröditz
Temperguß-Fittings	Stahl- und Walzwerk Gröditz
Titan	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Unlegierter Werkzeugstahl	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
UR-Stahl	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Vergütungsstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Ventilstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Verschleißfeste Stähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Wälzlagerstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Warmarbeitsstähle	Edelstahlwerk „8. Mai 1945", Freital
Taschenbuch des VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat	alle Werke
Mitteilungsblätter der Stahlberatungsstelle im Metallurgiehandel	Metallurgiehandel, Stahlberatungsstelle, 92 Freiberg/Sachsen, Agricolastraße 24
Tabellenbuch für Stahlverbraucher, 8. Auflage	VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1969
Qualitäts- und Edelstähle, Band 1 und 2, 2. Auflage	VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1966
Taschenbuch für Metallurgen, Küntscher, Kulke	VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1964
Baustähle der Welt, Band 1 — Großbaustähle, Autorenkollektiv	VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1964

Titel:	zu beziehen durch:
Band 2 — Maschinenbaustähle, Tabellenbuch für Gußverbraucher	VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1968

In jedem unserer Werke stehen Ihnen erfahrene Kundendienstingenieure zur Lösung fachlicher Probleme zur Verfügung. Die Stahlberatungsstelle im Metallurgiehandel gibt Ihnen Hinweise über grundsätzliche Fragen, wie Sortiment, zweckmäßiger Stahleinsatz, Technologie, Austauschbarkeit, Standardisierung usw. und unterstützt Sie bei der Lösung Ihrer technisch-wissenschaftlichen Probleme.

7.5. Wissenschaftlich-technische Zentren der Schwarzmetallurgie für spezielle Beratungen

Zentralinstitut für Metallurgie, Sitz Berlin

1105 Berlin, Pankow-Heinersdorf,
Rothenbachstraße 28/30
Telefon: 48 02 51
Telex: 11/2025 ZIM Berlin
Deutsche Demokratische Republik

Bereich Informations- und Rechenzentrum

701 Leipzig, Bosestraße 2
Telefon: 4 97 60
Telex: 51 22 07 ZIM Leipzig
Deutsche Demokratische Republik

Metallurgiehandel, Stahlberatungsstelle

92 Freiberg/Sachsen
Agricolastraße 24
Telefon: 29 44
Telex: 78 549
Deutsche Demokratische Republik